Д. А. Александров и И. М. Швайченко

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

УЧПЕДГИЗ
1948

Д. А. АЛЕКСАНДРОВ и И. М. ШВАЙЧЕНКО

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
ЛЕНИНГРАД - 1948

Утверждено
Министром просвещения РСФСР
22 марта 1947 г., протокол № 137.

КНИГА ИМЕЕТ:

Печатн. листов	Выпуск	В перепл. един. соедин. №№ вып.	Таблиц	Карт	Иллюстр.	Служебн. №№	№№ списка и порядковый	1949 г.
15						р	230 / 2032	

81

110.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая вниманию читателей „Методика решения задач по физике в средней школе" была издана Ленинградским городским институтом усовершенствования учителей в 1940 г. и явилась результатом не только многолетней практической работы авторов в советских школах, но и изучения вопросов путем наблюдений за работой школ и работы с преподавателями физики в методических объединениях.

В первом издании главы I—IV были написаны Д. А. Александровым, остальные главы — И. М. Швайченко. Авторы сочли полезным ввести главу „Обзор литературы по вопросу о задачах в курсе физики средней школы" и проанализировать приведенный материал, начиная с высказываний В. В. Лермантова в его книге „Методика физики и содержание приборов в исправности" (1907) и кончая высказываниями И. И. Соколова („Методика физики", 1936) и ленинградских авторов, главным образом И. А. Челюсткина (П. А. Знаменский и др. „Методика преподавания физики в средней школе", 1938).

Из этого обзора читатели увидят, во-первых, что вопрос о содержании и методике решения задач по физике не разработан еще в достаточной мере и, во-вторых, что с некоторыми положениями авторов указанных трудов едва ли можно согласиться.

Эти обстоятельства дали авторам выпускаемой работы право высказать и свои точки зрения на важный и недостаточно еще разработанный вопрос.

В настоящем издании сделаны значительные изменения и дополнения в прежнем материале и введены следующие новые главы: „Буквенные задачи и их решение", „Задачи, в условиях которых мало данных или „ничего не дано" и „Экспериментальные задачи".

В параграфе „Математические операции при решении задач" указаны некоторые правила приближенных вычислений.

Дополнительно рассмотрен вопрос порядка записи решения задач.

Во всех главах добавлено значительное количество иллюстративного материала, согласно пожеланиям многих преподавателей физики.

В работе авторы не ставили перед собой цели — „дать методический подбор задач к курсу физики" средней школы и пользовались теми задачами, которые казались им наиболее удобными для иллюстрации своих методических высказываний, используя главным образом задачи из сборника под редакцией Демидова.

Вопрос о системах единиц, несмотря на изменившееся положение с ним в современной программе, оставлен в прежнем изложении, так как в практической работе преподаватель может встретиться не только с системой CGS, но и MKS.

Ввиду многообразия и многосторонности затронутых вопросов книга и в этом издании не может претендовать на исчерпывающую полноту изложения, но все же, как кажется авторам, она может оказать существенную помощь преподавателю физики в его практической работе.

В своей работе авторы стремились к тому, чтобы ответить на те вопросы, помочь преодолеть те трудности, предостеречь от тех ошибок, какие чаще всего встречаются в практике учителя.

Глубоко сожалею о том, что Д. А. Александров, много потрудившийся по первому изданию этой книги, не мог внести свои изменения и дополнения в это издание. Д. А. Александров — большой методист-энтузиаст, всегда живо откликавшийся на все вопросы, волновавшие учительство, очень уважаемый и любимый всеми преподавателями, знавшими его, погиб в тяжелые дни блокады Ленинграда.

Считаю своим долгом выразить самую искреннюю и глубокую благодарность проф. М. Ю. Пиотровскому, советы и многочисленные указания которого оказали особенно большую помощь автору в работе над этой книгой.

Приношу также глубокую благодарность проф. И. И. Соколову и А. В. Перышкину, давшим ряд ценных указаний в своих рецензиях по данной книге.

Не могу не выразить своей признательности научному сотруднику Института усовершенствования учителей К. Н. Елизарову и преподавателям физики В. Г. Панченко, Ю. А. Мирскому, М. А. Швайченко и др., которые своими дружескими советами и опытом помогли автору в работе над книгой.

Всех читателей убедительно прошу сообщить автору свои замечания и пожелания о книге.

И. Швайченко.

ГЛАВА I

ЗНАЧЕНИЕ ЗАДАЧ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Товарищ Молотов в своем докладе на XVIII съезде ВКП(б) „Третий пятилетний план развития народного хозяйства СССР", касаясь вопроса о народном образовании, между прочим, сказал:

„При громадном количестве юношей и девушек, кончающих среднюю школу и идущих в большинстве случаев на ту или иную практическую работу, встает вопрос о том, чтобы перед окончанием средней школы они уже получали хотя бы некоторую подготовку к будущей практической работе. Это очень важный вопрос, которым должны заняться наркомпросы, да и не только наркомпросы."

Между тем, лица, контролирующие работу школ, нередко замечают, что учащиеся при своих ответах во время классных занятий и на экзаменах хорошо знают учебник, разбираются в вопросах теории, но слабее, а иногда и просто слабо разбираются в вопросах применения теории к практике, в частности, затрудняются решать задачи, т. е. применять известную им теорию к решению частных вопросов.

Несомненно, что решение задач является одним из видов учебной практики: оно позволяет учащимся осмыслить свои теоретические знания, а при соответствующем подборе задач также и понять значение физики в технике, в социалистическом строительстве.

Практика показывает, что у учащихся часто наблюдается стремление брать изучаемый материал „на память", а не подвергать его логической обработке. Таким образом, в результате прохождения курса физики у учащихся не получается углубленного понимания пройденного материала. Учащиеся часто помнят окончательный вывод (формулу), но как этот вывод получается, при помощи каких рассуждений и экспериментов — они не знают. Учащиеся, например, VIII классов часто пишут уравнение $FS = F_1S + \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$, не умея объяснить его физического смысла по частям и в целом. Учащиеся IX классов запоминают, например, такую формулу для температуры смеси

$$\theta = \frac{c_1m_1t_1^0 + c_2m_2t_2^0 + c_3m_3t_3^0}{c_1m_1 + c_2m_2 + c_3m_3},$$

не умея составить уравнения теплового баланса, из которого эта формула выводится. Учащиеся X классов пишут наименование электростатических единиц, не умея объяснить, как устанавливаются эти единицы, и т. д.

Это явление часто наблюдается при проверке учащихся во время классной работы и на экзаменах. То, что учащиеся только запомнили, что не связано у них с вопросами практики, значение чего недостаточно обдумано и усвоено, быстро забывается.

Этот недостаток может быть значительно исправлен при помощи решения целесообразно составленных и своевременно предложенных задач. Кроме того, учащиеся при изучении физики редко ставятся в такое положение, когда каждый из них должен разобраться в предложенном вопросе лично, без всякой помощи со стороны.

В самом деле, работа учащихся в большинстве случаев носит коллективный, групповой характер как на уроках обычного типа, так и во время лабораторных занятий. Учащийся обычно ждет помощи даже во время контрольной работы и в большинстве случаев получает ее. При лабораторных занятиях над поставленным вопросом обыкновенно работает не один ученик, а небольшая группа. При фронтальном проведении лабораторных занятий неизбежно влияние одной группы на другую, одного учащегося на другого. Чрезвычайно редко учащийся остается совершенно один с разрешаемой им проблемой. Таким образом, учащиеся привыкают работать не вполне самостоятельно, а с посторонней помощью.

В деле приобретения навыков самостоятельной работы в значительной степени помогает решение задач, так как есть возможность поставить ученика в такое положение, что он вынужден работать вполне самостоятельно и преодолевать все трудности, не ожидая помощи со стороны преподавателя или товарищей.

Ученик после самостоятельного решения нескольких задач убеждается в том, что для этой работы он обладает достаточными знаниями и что достаточно ему побороть свой страх перед задачей, напрячь свою волю для того, чтобы решить любую предложенную ему преподавателем задачу. Ведь робость ученика есть результат обыкновенно не недостатка его знаний, а неумения направить волю и внимание на решение стоящей перед ним проблемы. То, что кажется трудным и невыполнимым, часто после нескольких побед оказывается, если не легким, то вполне доступным.

Введением практики решения задач выполняется постановление ЦК ВКП(б) от 25 августа 1932 г., которое требует систематически приучать детей к самостоятельной работе, широко практикуя различные задания в меру овладения определенным курсом знаний.

Значение решения задач при прохождении курса физики можно свести в основном к следующему:

а) Самостоятельное решение задач по физике воспитывает волю учащихся в преодолении возникающих при работе трудностей.

б) Решение задач способствует более ясному и более прочному усвоению изучаемого материала и помогает закреплению в памяти соответствующих законов, их формулировок, основных понятий и определений.

в) Решение задач способствует развитию функционального мышления учащихся. Они глубже начинают понимать зависимость между физическими величинами, изживают часто встречающиеся ошибки.

г) Решение задач позволяет учащимся на конкретных примерах усвоить наименования физических величин и системы единиц, которыми эти величины измеряются.

д) Через решение задач достигается углубленная проработка физического материала, увязка текущего материала с ранее пройденным и осуществляется повторение пройденного.

е) „Решение задач должно оживить физические формулы, дать учащимся навык в выборе и пользовании формулами, а также в пользовании таблицами, содержащими постоянные физические величины, и в производстве необходимых математических операций".[1]

ж) Решение задач позволяет дать учащимся понятие о применении физических законов в технике. Решая задачи, учащиеся знакомятся с взаимоотношением науки и техники и усваивают значение физики для социалистического строительства.

з) При помощи соответствующим образом построенной системы задач, даваемых для решения учащимся, возможно углубить и расширить знания учащихся, познакомить их с новым материалом как теоретического, так и практического характера.

и) „Решение задач служит прекрасным и ничем не заменимым средством для развития сообразительности, самостоятельности в суждениях и любви к серьезному и полезному труду".[2]

к) Через решение задач осуществляется связь между преподаванием физики и математики.

л) Наконец, задачи являются лучшим материалом для контроля знаний и навыков учащихся. Анализируя решения задач учащимися, преподаватель обнаруживает недостатки в знании и понимании учащимися изучаемого материала и затем организует надлежащую помощь им.

Из всего сказанного вытекает, что на решение задач при прохождении курса физики в средней школе должно быть обращено самое серьезное внимание, и на эту форму работы в педагогическом процессе должно быть отведено достаточное время.

В то же время необходимо отметить, что решение задач может способствовать осуществлению всех вышеуказанных целей лишь при соблюдении определенных условий в смысле подбора задач и методики их решения.

---

[1] И. И. Соколов, Методика физики. 1936, стр. 115.

[2] Пенионжкевич. Систематический сборник задач по элементарной физике. 1912.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ВОПРОСУ О ЗАДАЧАХ В КУРСЕ ФИЗИКИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Еще в 1865 г. М. Дерюгин в предисловии к своему задачнику по вопросам применения, содержания и решения задач по физике в средней школе высказывал мысли, вполне совпадающие с современными взглядами на эти вопросы.

Автор разделяет точку зрения профессора математики и физики Пьерра на то, что для лучшего изучения физики недостаточно знать только одну теорию, а надо „предлагать своим ученикам для решения очень много вопросов, методически излагаемых с тою целью, чтобы лучше познакомить их с теорией“.[1]

Далее Дерюгин указывает, что не следует решать много задач совершенно одинакового содержания, различающихся только цифрами. Мало пользы от формального решения задач, т.е. такого решения, при котором „приходится подставлять цифры и решать уравнения — это дело алгебры“, а нужно, „чтобы ученик, зная основания, решал каждую задачу собственным рассуждением“.

В задачах не следует давать постоянных величин, необходимых для решения, „чтобы сами ученики приучились знать, какие числа нужны для решения задачи“. Таким образом, уже в 60-х годах прошлого столетия передовая педагогическая мысль по многим вопросам о задачах в средней школе выражала взгляды, соответствующие современным взглядам на эти вопросы.

Однако до конца прошлого столетия и значительно позднее решение задач при прохождении курса физики в средней школе не считалось обязательным. Этот вид работы применяли только отдельные преподаватели, поэтому на съезде преподавателей физики С.-Петербургского учебного округа в 1902 г. в числе многих вопросов обсуждался также вопрос о решении физических задач и было высказано общее пожелание, чтобы на уроках физики решались задачи.

Здесь же было высказано суждение о том, что без решения задач курс физики не может быть усвоен вполне, и этим самым съезд признал упражнения в решении физических задач необходимыми в преподавании физики. Необходимо отметить, что достаточно широко решение задач стало проводиться в преподавании физики только в наше время. В настоящее время, согласно официальным требованиям и установившейся практике, каждый преподаватель физики пользуется задачами в преподавании физики. Однако, несмотря на всеобщее признание, что решение задач является одним из важных и основных видов работ при преподавании физики в средней школе, все же вопросы о роли задач, их содержании и методах решения нельзя считать еще достаточно

---

[1] Дерюгин. Задачи к курсу физики для средних учебных заведений. 1865.

разработанными как в методической литературе, так и на практике.

Необходимость решения задач всегда осознавалась как преподавателями физики, так и авторами методических руководств и статей.

В. В. Лермантов пишет:

„При втором концентре после напоминания об уже пройденном надо будет излагать дальнейшие подробности, пользуясь уже возросшими математическими знаниями учеников, чтобы выводы применимые излагать в виде определенных формул, приспособленных для решения действительно встречающихся вопросов. Для этого надо не забывать сообщать нужные числовые данные, полученные из опытов, конечно, не для зазубривания, а для решения задач. При прохождении первого концентра задачи, предлагаемые ученикам, должны быть скорее логического, чем математического характера, чтобы они, упражняясь в мышлении, основанном на знании физики, не отвлекались трудностями математическими, а при прохождении второго концентра задачи должны иметь характер расчетов, необходимых при составлении технических проектов и основанных на данных физических знаниях."[1]

Такого рода рассуждение в основном соответствует современному взгляду на роль задач в первом и втором концентрах курса физики средней школы.

Возражения же могут быть сделаны по двум пунктам. Во-первых, в первом концентре нельзя ограничиваться только „логическими" задачами, необходимо давать и вычислительные задачи на удельный вес, давление, работу, мощность, коэффициент полезного действия, трение, простейшие механизмы; необходимо давать калориметрические задачи, на сопротивление проводников, закон Ома, вычисление работы и мощности тока, на закон Джоуля и Ленца и т. д. Во-вторых, едва ли можно считать удачным термин „логические задачи", которые к тому же противопоставляются задачам „математического" характера (которые ведь тоже, конечно, логические).

Термин „логические" задачи сохраняют и некоторые последующие авторы методических руководств, например, Н. В. Кашин. Он пишет:

„Логические задачи играют самостоятельную и важную роль: они не только обращаются к смекалке учащихся и будят их интерес и мысль, но и сближают изучаемые законы с повседневной жизнью и вопросами техники." „Вообще можно сказать, что логические задачи особенно желательны на первой ступени, а задачи на вычисление — на второй, но отнюдь нельзя строго настаивать на этом разделении."[2]

Указывая далее на то, что в литературе есть много возражений против этой, как ее называют „физической арифметики" (решение вычислительных задач), Н. В. Кашин предупреждает, что „решение задач по физике не должно переходить в упражнения по математике, скорее наоборот, математика для своих задач могла бы воспользоваться содержанием физики".

---

[1] В. В. Лермантов. Методика физики и содержание приборов в исправности. 1907, стр. 52.

[2] Н. В. Кашин. Методика физики. 1923, стр. 50.

Мотивировка автора значения задач в курсе физики нам представляется недостаточной, так как роль задач не исчерпывается двумя целями, указываемыми автором:

1) ознакомление учащихся с типом технических расчетов;

2) выяснение понятия размерности величин, их взаимной связи (углубление и расширение понятия о функциональной зависимости).

О методах решения задач ни В. В. Лермантов, ни Н. В. Кашин ничего не говорят.

Н. С. Дрентельн[1] придает важное значение вопросам. Они должны служить средством уяснения, а иногда и дополнения, различных мест текста. „Они, надо думать, послужат полезным материалом для упражнения самодеятельности тех, кто достаточно освоился с текстом".

В. В. Лермантов в упомянутой выше книге полагает, что „довольно удачные логические задачи помещены в приложениях к „Начальной физике" Н. С. Дрентельна. Эта „Начальная физика" выросла скоро в „Физику в общедоступном изложении".

Э. Гримзель[2] советует задачи, главная трудность которых состоит в математическом решении, переносить на уроки математики, так как, по его мнению, подобные задачи мало полезны для развития физических знаний.

Для решения физических задач, говорит автор, достаточны простейшие математические действия. Самое большее приходится иногда извлекать корень или решать простые квадратные уравнения.

Последнее утверждение кажется нам неверным, оно слишком суживает применение математики при решении физических задач. Не только извлечение корня и решение квадратных уравнений нужны учащимся, но, например, и хорошее знание геометрии и элементов тригонометрии.

Мы согласны с тем, что „данные в задаче должны быть возможны физически; самое лучшее брать их из материала, бывшего предметом преподавания". Но автор утверждает, что „никогда не следует брать значений, специально придуманных для того, чтобы уравнение имело решение или чтобы корень извлекался нацело". Доводом к этому утверждению является то, что „в природе величины складываются независимо от соображений этого рода".

Это последнее, конечно, верно. Но при решении задач в начале овладевания выведенным законом и особенно при приобретении учащимися навыков пользоваться надлежащей системой единиц приходится давать задачи, в которых корни извлекаются и „уравнения имеют решение". Конечно, эти задачи должны рассматривать физически возможные процессы. При решении этих задач все внимание учащегося должно быть направлено на

---

[1] Н. С. Дрентельн. Физика в общедоступном изложении. 1909, стр. XII.

[2] Э. Гримзель. Дидактика и методика физики в средней школе. Пер. с немецкого, 1913.

выяснение зависимости между рассматриваемыми величинами и на их наименования.

П. Баранов[1] под заголовком „Упражнения" говорит о значении „целесообразно подобранных упражнений и задач по физике". Они укрепляют, расширяют приобретаемые учениками знания и развивают мышление и наблюдательность учеников.

В этих упражнениях на первом месте должен стоять „физический элемент".[2]

Упражнения должны быть тесно связаны с курсом и иметь такое содержание, которое дополняло бы проходимый курс.

„С большой выгодой для цельности и сжатости изложения основной части курса и в целях приучения учащихся к самостоятельной работе, в упражнения могут быть вынесены те многие мелочи курса, в которых могут разобраться сами учащиеся".

Мы думаем, что не только „мелочи", а и более крупные вопросы курса могут рассматриваться на задачах. Примером могут служить задачи на изучение соединения элементов в батареи. Если учащиеся усвоили законы соединения сопротивлений и соединения электродвижущих сил, то решение и исследование различных соединений элементов не представляет труда для них.

Рассмотрение хода лучей в оптических приборах и определение увеличения, производимого этими приборами, может быть произведено на задачах, если учащиеся предварительно изучили построение изображений, производимых одной линзой, и проработали вопрос о линейном и угловом увеличении.

С нашей точки зрения, замечание Баранова об углублении и развитии некоторых частей курса путем „упражнений" заслуживает большого внимания. Это — один из способов увеличить активность учащихся.

И. И. Соколов[3] по вопросу о решении задач пишет следующее:

Назначение решения задач:

1) оформление физических понятий и прочное их освоение;

2) укрепление навыков в применении физических законов к объяснению явлений природы и расчетам практического и технического характера.

Задачи И. И. Соколов делит на две группы: 1) логические, или задачи-вопросы, и 2) вычислительные, которые делятся на три группы: а) производственные, б) лабораторные, в) тренировочные.

Разделение вычислительных задач на производственные, лабораторные и тренировочные нельзя считать удачным, так как, по нашему мнению, тренировочные задачи не непременно „должны быть лишены производственного характера". Если это так, то указанная И. И. Соколовым классификация задач не является основанной на определенном принципе — в ней смешаны

[1] П. Баранов. Методика начальной физики. Вып. 1, 1913, стр. 15.

[2] В тезисах к докладу А. А. Добиаша на 2-м Менделеевском съезде 1911 г. о работе дидактической комиссии, образованной в 1908 г. при Русском физико-химическом обществе, в п. XIII высказана та же мысль: „В задачах должен ярко выступать физический элемент".

[3] И. И. Соколов. Методика физики. 1936, стр. 51.

два принципа: первые две группы задач определяются их содержанием, а третья группа — целевым направлением (привитие учащимся навыка выбора и пользования формулами, пользование таблицами и производство необходимых математических операций).

По нашему мнению, тренировочные задачи могут быть одновременно и производственными. По этому вопросу мы разделяем точку зрения проф. М. Ю. Пиотровского, что педагогическая ценность физической задачи заключается не столько в ее „производственном" характере, сколько в ее соответствии „здравому смыслу и действительным потребностям практики".

Далее автор считает, что к тренировочным задачам „следует прибегать только в том случае, если предложение задач первых двух видов не привело к желательным результатам".

Таким образом, „тренировочные" задачи являются последними в системе задач и задаются „только в том случае, если . . ."

Мы не можем согласиться с такой системой.

При изучении некоторого физического закона учащиеся сначала знакомятся с физическим явлением, с терминами, с функциональной зависимостью между физическими величинами, которые связываются изучаемым законом, с единицами, которыми эти величины измеряются. Изучение всего этого связано с показанными учащимся или проделанными ими экспериментами, которые не носят „производственного" характера.

Для усвоения указанного материала необходимо решение „тренировочных" задач. Когда материал усвоен, соответствующий физический закон хорошо понят, учащиеся переходят к рассмотрению применений закона и решают более сложные задачи. Если же непосредственно после изучения эксперимента перейти к решению задач с техническим содержанием, то придется непременно прервать работу и заняться тренировкой. Поэтому следует с тренировочных задач и начинать.

Обращаясь к методике решения задач, автор рассматривает этапы и приемы решения.

Нам кажется предложение автора обозначать искомое буквами x, y, z неправильным. Этими буквами затушевывается физический смысл искомых величин, который надо не „время от времени возобновлять перед учащимися", а непрерывно иметь в виду.

Существует, несомненно правильное, замечание преподавателей, что некоторые учащиеся с иксом умеют решать уравнение, а без икса не умеют, и выражение, не содержащее x, y, z, за уравнение не считают.

При рассмотрении этапов решения задач автор не останавливается, с нашей точки зрения, на важном этапе, которым заканчивается решение задач, — это анализ результата с точки зрения его физического смысла.

В приемах решения автор указывает только два пути: аналитический и синтетический. Нам представляется, что эти пути могут быть разные.

В отношении применения синтетического способа решения задач у автора наблюдается какой-то тон безнадежности.

„Ученик может стать на такой путь соотношений, который не приведет его к искомой величине и заведет его, так сказать, в тупик. Тогда ученик должен бросить этот ряд формул и ступить на другой без уверенности в том, что и он приведет его к цели" (разрядка наша).

Мы не настроены так пессимистично и видим один путь, по которому пойдет учащийся, решающий задачу. Если он понимает содержание задачи, ее физический смысл, знает соответствующие законы физики, то он очень скоро научится выбирать именно те формулы, которые ему нужны.

Мы согласны с заключением проф. Соколова:

„Оба способа одинаково законны, и не следует насиловать мысль ученика, предписывая ему, в особенности в начале упражнений, определенный прием". „Каким бы способом ученики ни решали задачу, от них необходимо требовать, чтобы они перед каждым действием, перед написанием каждой формулы отчетливо формулировали, какую величину они собираются узнать предстоящим действием или (почему „или"? — скорее „и". — А.) какие величины они собираются связать формулой и на основании какого закона природы они могут это сделать".

И. И. Соколов мельком указывает, что „решение задач следует сопровождать пояснительными чертежами".

И. А. Челюсткин[1] по вопросу решения задач останавливается, прежде всего, на значении этого вида работ.

Решение задач, отмечает автор:

1) способствует формированию функционального мышления;

2) закрепляет в памяти числовые данные;

3) развивает умение использовать изученные закономерности в практике;

4) выясняет взаимоотношения науки и техники;

5) дает понимание значения физики в социалистическом строительстве;

6) задачи могут быть использованы для учета знаний и навыков учащихся.

Автор указывает, что подбор задач зависит от той целевой установки, ради которой они предлагаются, но классификации задач не дает.

Однако автор выделяет задачи-вопросы (более приемлемый термин, чем термин „логические" задачи, который употребляют Лермантов, Кашин), задачи, связанные с лабораторными работами учащихся, задачи, материал для которых „может быть подобран из различных областей техники, из нашего социалистического строительства, из военной техники". Автор дает ценное указание, что „данные для таких задач могут быть взяты из фабрично-заводской практики, из отчетных таблиц различных предприятий, из журнальных и газетных статей и т. п.".

---

[1] П. А. Знаменский и др. Методика преподавания физики в средней школе. Изд. 3-е, 1938, стр. 87.

О способах решения задач И. А. Челюсткин говорит следующее.

В первом концентре задачи решаются преимущественно арифметическим способом.

Во втором концентре на первое место выдвигается алгебраический способ.

Причиной автор выставляет экономию времени. Арифметические действия и расчеты он рекомендует учащимся производить дома и только в том случае производить проверку арифметических действий на уроке, если у учащихся получаются неверные результаты.

Нам кажется, что причиной, заставляющей решать задачи в общем виде, является не только экономия времени, а более существенные основания теоретического характера, связанные с формулировкой, анализом и синтезом тех закономерностей, на знании которых основано решение задачи.

Впрочем, об этом говорит и автор:

„Необходимы длительные упражнения в применении данных физических понятий и представлений. Эти упражнения приводят учащихся к умению видеть через формулу ее физический смысл."

Для того чтобы избежать путаницы и ошибок в наименованиях при решении задач, особенно в том случае, когда искомая величина получается комбинированием нескольких формул, И. А. Челюсткин советует то же, что и И. И. Соколов — вставлять в формулу, определяющую искомую величину, „вместо букв числовые значения вместе с их наименованиями и над наименованиями производить те же действия, как и над числами, принимая наименования за алгебраические дроби". Он отсылает читателя к „методике физики" Соколова. Нам представляется, что в формулу, выражающую результат решения задачи, не следует подставлять наименования и производить над ними действия (об этом подробнее будет сказано ниже).

И. А. Челюсткин приводит конкретные примеры по технике решения задач, пользуясь теми задачами, которые были предложены Наркомпросом в 1935/36 уч. г. в качестве контрольных для учащихся VIII, IX и X классов.

Заслуживает внимания указание автора на графический способ решения некоторых задач.

Автор рекомендует также применять устное решение задач и решение задач „на глазомер" и пользоваться при решении задач разного рода таблицами для числовых расчетов и наглядными пособиями. В заключении главы дается список нескольких задачников, вышедших с 1929 по 1937 г.

Общий вывод автора, что решение задач является органической частью всего учебного процесса при изучении физики, соответствует нашим взглядам на этот вопрос.

К. Ган[1] обращает внимание на необходимость связи преподавания физики и математики и полагает, что некоторые физи-

[1] К. Ган. Методика преподавания физики в средней школе. Под ред. П. А. Знаменского, 1935, стр. 116.

ческие задачи могут решаться на уроках математики, например, вопрос о движении тела, брошенного под углом к горизонту, является, по его мнению, задачей „весьма подходящей для уроков математики". Он же советует, рассматривая вопрос о равновесии тяжелых тел, „ограничиться самым необходимым и предоставить преподавателю математики проделать многочисленные задачи на определение центра тяжести однородных тел".

В книге К. Гана нет особой главы или хотя бы параграфа, в которых он говорил бы о необходимости решения задач при прохождении курса физики в средней школе. Однако из отдельных фраз, разбросанных по разным главам книги, можно вывести заключение о том, что К. Ган считает необходимым решение задач при прохождении курса физики.

„Подходящие простые задачи помогают усвоению пройденного (стр. 31) по поводу изучения теплоемкости. Необходимо проделать расчет производительности паровой машины без расширения. При таком расчете не только становится ясным весь характер ее действия, но дается прекрасный пример использования давления пара и его применения для получения работы."

В книге приведен пример на вычисление мощности паровой машины. Однако пример этот не в достаточной мере характеризует паровую машину, так как коэффициент полезного действия ее не дан (стр. 43).

Весьма интересно замечание К. Гана по поводу изучения „энергетического хозяйства".

„Правильное понимание значения закона сохранения энергии учащиеся усваивают только при сопоставлении теории и практики" (стр. 46).

Приведено три примера:

1. На вычисление энергии солнечных лучей, падающих отвесно на 1 $м^2$ земной поверхности в течение 1 минуты и целого дня.

2. Вычисление мощности водяного потока на гидростанции.

3. Вычисление мощности паровой машины и количества потребляемого угля в сутки. Сделано предположение, что вся теплота, получаемая от сгорания угля, превращается в работу.

Это предположение нам кажется неудачным, так как при нем теряется характеристика паровой машины, и задача сводится к простому вычислению работы, которой эквивалентен запас энергии в данном количестве угля.

Между тем автор ставит перед учащимися вопрос, как человек практически использует энергию в своих машинах. „Если учащиеся, — говорит он, — при этом усвоят себе, что превращение в различных тепловых двигателях совершается с весьма различными коэффициентами полезного действия, и что в общем отдача машин низка, то они поймут огромную важность экономного ведения энергетического хозяйства".

Редактор перевода книги, проф. П. А. Знаменский, говорит:

„В советской школе энергетическому хозяйству СССР, его колоссальному росту, вопросам освоения и рационализации использования богатейших природных ресурсов нашей страны должно быть уделено специальное внимание."

Добавим от себя. Это изучение энергетического хозяйства СССР

должно происходить не только при помощи слушания рассказов учителя и чтения книг, но и путем решения задач, материал которых черпается из производства нашей страны. Это замечание равно касается всех отделов курса физики, проходимого в нашей средней школе.

Очень коротко, но очень четко и правильно говорит А. А. Ноультон.[1] Он утверждает, что решение задач составляет существенную часть прохождения курса физики.

Решение задач—не только способ проверить знания учащихся, но и средство с пользой усвоить предмет, так как только при решении задач усваивается учащимися действительный смысл применяемых терминов.

„Надо помнить, — говорит Ноультон, — что получение точного числового ответа — вовсе не главное при решении задач, это только деталь. Самое важное — это ясно и конкретно усвоить те или иные соотношения; если это достигнуто, то обыкновенно правильный ответ получается сам собою."

При решении задачи все внимание учащихся должно быть направлено на физический смысл задачи, а не на математические операции.

Отсюда Ноультон приходит к совету пользоваться сокращенными вычислениями, округлениями; пользоваться всевозможными таблицами (умножения, квадратов, извлечения корней, логарифмов), а также по преимуществу логарифмической линейкой.

Ход решения задачи представляется автору таким:

1. Внимательно прочитать задачу, понять, о чем в ней говорится и что требуется.

2. Составить схематический рисунок.

3. Обдумать, какие количественные соотношения существуют между искомой величиной и данными.

4. Разложить задачу на простые составляющие.

5. Аккуратно делать вычисления, записывая их одно за другим. Результаты выделять и подчеркивать.

6. Указать наименования единиц, в которых получается ответ.

В этих коротких советах совершенно отсутствует формальный подход к решению задач. По существу требуются две вещи: 1) полное понимание содержания задачи и 2) аккуратность при ее решении.[2]

Поэтому основными, первыми, главнейшими задачами преподавания являются: заменить злоупотребление памятью и зубрежкой логическим мышлением, рассуждением; воспитать навыки культурной работы; объединить эти два начала — содержание и форму — в одно целое.

Может быть Ноультон не совсем прав, когда говорит, что если соотношения усвоены, то правильный ответ получается сам собою.

---

[1] А. А. Ноультон, Физика. Пер. с английского, 1934, стр. 17.

[2] Каждый учитель знает, что второго, пожалуй, еще труднее добиться, чем первого. Учащиеся пишут вычисления на „промокашках", клочках бумаги, на столах, вообще на чем попало, несмотря на просьбы, требования преподавателя. Работы весьма часто подаются без вычислений, написанные неряшливо.

Ответ в общем виде — да, но числовой ответ — не всегда, так как часто учащиеся плохо считают и не любят считать.

К. Р. Мэнн,[1] профессор Чикагского университета, настаивает очень энергично на том, чтобы преподавание физики было интересно, конкретно и полезно, т. е. практично. В школе учащимся иногда сообщают законы, факты, но не приучают их применять свои знания к решению жизненных задач.

Он напоминает слова Пуанкаре,[2] который описывает результаты такого схоластического, отвлеченного изучения физики:

„Есть одно явление, которое меня поражает: как многие молодые люди, получившие школьную подготовку, далеки от уменья применять к действительной жизни те законы механики, которым их учили. Не то, чтобы они были неспособны к этому; они никогда не думают об этом. Для них мир ауки и мир действительности отделены зияющей пропастью".

Он приводит мнение Дьюи[3] по поводу цели обучения:

„Предметы и ощущения, действительно, развивают ребенка, но только потому, что он пользуется ими для того, чтобы руководить своим телом и своей действительностью".

Мэнн указывает, что задачники полны задачами, не имеющими конкретного жизненного содержания, на экзаменах предлагаются вопросы почти исключительно теоретического, отвлеченного характера.

Ответы на вопросы, заданные в задачах, не могут интересовать учащихся, так как они ни в какой мере не касаются их жизни, их быта, жизни вообще.

Мэнн приходит к выводу, что нужны вопросы и задачи, „дающие ученикам возможность упражняться в мышлении и получать действительное обучение путем преодоления трудностей, привлекающих их внимание". Он дает примерные вопросы.

В начале обучения задачи должны быть связаны с бытом учащихся и варьироваться в зависимости от места, где находится школа. Затем постепенно содержание вопросов и задач расширяется. Надо идти от конкретного к абстрактному.

Сказанное Мэнном относится не только к американской школе, оно не потеряло значения и для нашей советской школы, сделавшей многое в этом отношении по сравнению со схоластической дореволюционной школой.

Суждения Мэнна, несмотря на его увлечения и иногда парадоксальность, в основном верны. Он едва ли прав, когда говорит, что „широкий идеал научного метода решения задач имеет для значительного большинства учеников гораздо больше значения в последующем периоде жизни, чем знание фактов и законов элементарной физики".

Однако Мэнн борется за связь преподавания с жизнью, за мышление против зубрежки, за понимание против запоминания и этим полезен. Он призывает идти от конкретного к абстрактному

---

[1] К. Р. Мэнн. Как учить физике в целях общего образования. Пер. с английского, 1925.

[2] Poincaré. Science et Methode.

[3] Dewey. How We Think. Стр. 130.

и напоминает, что „абстрактное мышление представляет собою одну из целей, но не единственную цель“. Он имеет в виду еще практику.

Мы же исходим из формулы, данной нам В. И. Лениным: „От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности“.[1]

У Де Метца[2] особого рассуждения о задачах по физике и методике их решения мы не находим. Имеется только на стр. 389 перечень задачников и вопросников по физике.

А. В. Цингер[3] отмечает, во-первых, желательность приучать учащихся добывать данные, нужные для решения задачи, „либо путем собственных измерений“, либо путем справок в таблицах, либо, наконец, из какого другого источника; во-вторых, желательно приучать учащихся к тому, чтобы они сами соображали, с какой степенью точности нужно производить вычисления при решении той или иной задачи. „Произвольное округление числовых величин следует предпочитать той нерациональной, излишней точности, к которой обычно склонны учащиеся“.

Оба замечания, делаемые проф. Цингером, очень ценны.

Часто бывает, заметим мы, что учащиеся отказываются решить данную задачу на том основании, что в условии не приведено, например, удельное сопротивление рассматриваемого металла, не догадываясь справиться в таблицах. Часто бывает, что учащийся вычисляет удельный вес с точностью до одной тысячной в то время, как вес тела определен им с ошибкой 0,1%, а объем — с ошибкой 1%. Ученик не различает измерение и вычисление; ему кажется, что точность результата зависит от арифметических действий, а не от точности измерения тех величин, с которыми приходится ему оперировать.

Чтобы научить учителя бороться с указанным злом и приучить учащихся правильно оценивать получаемые ими при решении задач числа с точки зрения их физического смысла, в задачник А. В. Цингера включена статья Я. И. Перельмана о вычислениях с приближенными числами.

В „Предварительных замечаниях“ в той же книге проф. Цингера даются следующие советы решающим задачи.

1. Всякую задачу решать первоначально в алгебраической форме и эту полученную формулу подвергать исследованию, рассматривая значения входящих в нее величин.

Нам кажется, что едва ли следует „всякую задачу“ выражать в алгебраической форме. Особенно в VI классе алгебраическая форма является в результате обобщения решения ряда задач.

2. Полезно решать задачи „на глазомер“.

Этот совет заимствует у проф. Цингера и проф. Челюсткин.

---

[1] Ленинский сборник, IX, стр. 183.

[2] Г. Г. Де Метц. Общая методика преподавания физики, 1929.

[3] Проф. А. В. Цингер. Задачи и вопросы по физике. Изд. 5-е, 1933, пред., стр. 6.

3. Следует пользоваться таблицами, логарифмами, сокращенными вычислениями.

4. Следует проверять решения задач, пользуясь округленными упрощенными числами.

Проф. Цингер пишет, что для проверки задач могут служить самые разнообразные приемы, но какие именно, к сожалению, он не упоминает.

5. При решении задач полезно делать по возможности правильно и тщательно чертежи.

Мы бы сказали, что при решении задач чертежи надо делать обязательно. И. А. Челюсткин прав, когда говорит, что по сделанному учащимися чертежу преподаватель легко может судить, понимает ли учащийся рассматриваемое физическое явление.

6. Результаты решения задач и промежуточные расчеты полезно сохранять. Ими можно пользоваться при решении других задач. Это очень полезный совет.

В ряде задач, приводимых в задачнике проф. Цингера, имеются ссылки на другие задачи. Таковы, например, задачи № 432, 475, 501, 186 и др.

Этим способом устанавливается связь между отдельными физическими явлениями и законами.

ГЛАВА III

О СОГЛАСОВАНИИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ В СВЯЗИ С ВОПРОСОМ О РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Как хорошо известно каждому преподавателю физики, весьма часто главным препятствием для учащихся при решении задач по физике являются математические операции, которые необходимо выполнить для решения задачи.

Здесь встречаются два случая: 1) учащиеся еще не проходили той главы по математике, которую необходимо знать для решения физической задачи; 2) учащиеся не помнят, не знают в достаточной мере того материала, который был ими пройден на уроках математики. Например, учащиеся всех классов в большей или меньшей степени плохо и медленно производят арифметические подсчеты.

В обоих случаях, значит, учащиеся не обладают тем математическим аппаратом, который необходим для решения заданной задачи. Поэтому этим учащимся приходится при решении задач по физике обращать главное внимание не на физический смысл задачи, а на преодоление математических трудностей. Решение нетрудной задачи по физике превращается в решение трудной задачи по математике.

Таким образом вопрос о согласовании программ по физике и математике и о связи преподавания этих предметов в средней школе приобретает особое значение при рассмотрении вопроса о преподавании физики и особенно о решении физических задач.

Вот почему мы, прежде чем перейти к вопросам методики решения задач по физике, вынуждены разобрать вопрос о согласо-

вании программ физики и математики и о связи преподавания этих предметов.

До конца прошлого столетия при преподавании физики в средней школе замечалось два течения. Первое из них характеризовалось тем, что демонстрация физических явлений игнорировалась, лабораторные занятия не проводились, а работа учителя сводилась к словесному описанию изучаемого, записыванию схем физических явлений и решению незначительного количества задач отвлеченного характера. Вместо „голоса природы" учащиеся слышали только „голос учителя".[1]

В этот „меловой" период математическое доказательство занимало весьма большую часть курса и заменяло изучение самих физических явлений. Это „математизирование" курса физики особенно ярко выражалось при преподавании механики и оптики. В этих отделах дело сводилось к запоминанию ряда чертежей и математических рассуждений.

В конце прошлого столетия и в начале текущего появилось второе течение в противовес „меловому" схоластическому, течение, которое основой преподавания физики приняло, во-первых, эксперимент учителя и, во-вторых, лабораторные занятия учащихся. Это второе течение приводило к тому, что, по словам И. А. Челюсткина, „математику на уроках физики начали сокращать до недопустимого предела".[2]

В настоящее время обе эти крайности можно считать изжитыми. Методисты и лучшие преподаватели физики стремились и стремятся к синтезу двух указанных направлений, имея в виду, что основными источниками познания физических явлений и закономерностей являются наблюдение и опыт, а методом выражения и анализа законов, обобщения наблюдений, вывода теорий, решения частных вопросов в значительной мере является метод математический.

Для преподавания физики в средней школе основным, повторяем, должно быть наблюдение явления, воспроизведение явления. Н. В. Кашин[3] в главе „Роль и значение математики для курса физики" приводит слова великого химика Дюма: „Пусть преподаватели не забудут, что физика — наука экспериментальная, которая обращается к помощи математики для координирования и изложения своих открытий, а не наука математическая, которая лишь подвергается проверке опытом".

Он же напоминает первый тезис так называемой меранской программы: „Физику следует преподавать не как математическую, а как естественную науку".[4]

---

[1] А. И. Баранов. Школьный астрономический городок.

[2] П. А. Знаменский и др. Методика преподавания физики в средней школе. 1938, стр. 87.

[3] Н. В. Кашин. Методика физики. 1923, стр. 46.

[4] На тезисы съезда германских естествоиспытателей и врачей в Меране в 1905 г. обращает внимание и П. А. Знаменский в предисловии к редактированному им переводу книги К. Гана („Методика преподавания физики в средней школе". 1935, стр. 5).

Н. В. Кашин настаивает на взаимной связи между физикой и математикой и утверждает, что „многие выводы и преобразования, нужные для курса физики, могли бы быть выполнены на уроках математики".

Э. Гримзель[1] пишет:

„При преподавании физики математика должна играть роль вспомогательной науки. Математический вывод никогда не дает ученику знакомства с явлением природы. Математические выкладки дают лишь возможность сравнительно быстро и при помощи немногих вспомогательных средств придти к логическому выводу; в частности, математика дает физике возможность привести материал в порядок и выразить его простой формулой".

„Формула составляет главное преимущество применения математики, но в ней кроется и главная опасность: выводы формулы и самую формулу легко принять за конечную цель преподавания физики". „Сама формула есть краткое выражение факторов, причастных процессу природы. Вывести формулу — этого в школе недостаточно, необходимо еще из формулы вывести все из нее вытекающие физические понятия. Вывести формулу и заучить ее — это дело второстепенное; главное, чтобы ученик, так сказать, чувствовал и понимал физический смысл формулы".

„При математических выводах дедуктивным путем из гипотез ученики должны себе отдавать отчет в гипотетическом характере отправной точки и знать, какие явления природы приводят к этим гипотезам".

Мы выписали это место из книги Гримзеля потому, что высказываемые им мысли соответствуют в основном нашим собственным взглядам.

Гримзель повторяет первый тезис меранской программы, несколько утрируя его.

Ценным является указание, что физикой можно пользоваться для введения математических понятий,[2] и подчеркивание утверждения, что „физика есть наука о функциях", что индуктивное преподавание физики „сводится к отысканию и выводу функций".

Г. Г. Де Метц[3] призывает к благоразумному пользованию математикой при преподавании физики:

„Если математика не должна господствовать над физикой, как важной частью естествознания, то и, наоборот, она не должна быть удалена из физики, так как без нее невозможно провести правильное развитие многих глав и отдельных вопросов физики на старшей ступени (во втором концентре)".

Автор напоминает, что международная комиссия по реформе преподавания включила в программу математики средней школы элементы дифференциального и интегрального исчисления не только в интересах математики, но и в интересах физики, и приводит слова Поске, цитируя их по „Курсу физики" Н. А. Томилина[4]:

---

[1] Э. Гримзель. Дидактика и методика физики в средней школе. Пер. с немецкого, 1913, стр. 30.

[2] Примером может служить выведение понятия арифметической прогрессии из рассмотрения путей, проходимых в 1, 2, 3-ю и т. д. секунды при равномерно ускоренном или равномерно замедленном движении, и суммирования полученного ряда.

[3] Г. Г. Де Метц. Общая методика преподавания физики, 1929, стр. 26.

[4] Н. Томилин. Курс физики (второй концентр, т. 1, 1911, стр. VI).

„Хотя физика и представляет собою прежде всего отрасль естествознания, тем не менее она нуждается в математической соли; отрешение от математики равносильно для нее отказу от ее главного преимущества перед остальными дисциплинами естествознания, отказу от точной формулировки физических законов и от прочного остова математических строгих понятий".

Де Метц обращает особое внимание на значение графического изображения функций для преподавания физики и заканчивает опять призывом к благоразумию. „Галилей,—говорит он,—писал: „Книга природы написана математически; чтобы ее читать, надо быть геометром". Затем советует „не уклоняться, по возможности, от надлежащей помощи математики там, где применение ее возможно и где оно находится в соответствии с познаниями учеников". Пределов применения математики в курсе физики Де Метц не указывает. Во всем его рассуждении чувствуется стремление расширять это применение математики.

Сказанное ни в какой мере не уменьшает значения математических формулировок и математического анализа при преподавании физики в средней школе, но подчеркивает ту мысль, что основным в преподавании физики является понимание явлений, конкретных связей, законов, а не запоминание учащимися определений и формул, что, к сожалению, и в настоящее время чрезвычайно распространено среди учащихся.[1]

Особенно важно сказанное для преподавания в первом концентре.

И. И. Соколов прав, когда пишет: „Кривая применения математики к выводу физических законов поднимается с повышением года обучения".[2]

Математикой в курсе физики средней школы мы пользуемся прежде всего и раньше всего для выражения опытным путем установленной связи между физическими величинами, для наиболее короткой и ясной формулировки закона.

Формула, написанная в первом концентре, является простой записью обобщенного выражения данных, полученных опытным путем.

Например, мы условились называть удельным весом вес одного кубического сантиметра вещества. Из этого условия вытекает необходимость для нахождения удельного веса материала, из которого состоит данное тело, делить число граммов, которое выражает вес тела, на число кубических сантиметров, которое выражает его объем в кубических сантиметрах.

Это можно записать так

$$\text{Удельный вес} = \frac{\text{вес тела}}{\text{объем}}.$$

---

[1] Нередко бывает, что учащиеся, правильно написав формулу, не могут объяснить значение входящих в нее букв. Хороший ученик у превосходного преподавателя на выпускном экзамене написал формулу Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$, но ничего не мог сказать о значении буквы L.

[2] И. И. Соколов. Методика физики. 1936, стр. 50.

Для того чтобы найти вес тела, зная удельный вес материала и объем, следует вес одного кубического сантиметра помножить на число кубических сантиметров.

Это можно записать так

$$\text{Вес тела} = \text{удельный вес} \times \text{объем}.$$

Для того чтобы найти объем тела, зная его вес и удельный вес, надо вес тела разделить на вес одного кубического сантиметра, что можно записать так

$$\text{Объем тела} = \frac{\text{вес тела}}{\text{удельный вес}}.$$

Это есть рассуждение чисто физическое. Когда указанные соотношения поняты, то можно условиться об изображении веса тела буквой P, объема — буквой V, удельного веса — буквой d и написать (потребовать от ученика, чтобы он написал)

$$d = \frac{P}{V},$$

Из арифметики учащиеся знают, что P — делимое, V — делитель, d — частное. На основании этого знания они пишут

$$P = dV.$$

$$V = \frac{P}{d}.$$

Однако, читая полученные формулы, говорят не „*ве* равно *пе*, деленному на *де*“, как это сплошь да рядом бывает, а „число кубических сантиметров, выражающее объем тела, равно числу граммов, выражающему вес тела, деленному на число граммов, выражающее вес одного кубического сантиметра материала, из которого состоит данное тело“.

Очень скоро это выражение превращается в обыкновенное: „Объем тела равен весу тела, деленному на удельный вес материала“.

Если ученик понимает, что это значит, то против этого выражения можно не спорить.

Наименование удельного веса $\frac{г}{см^3}$ вытекает из способа его определения и усваивается легко.

И. И. Соколов пишет: [1]

„Механизация действий составляет цель введения формул в науку и, следовательно, с этой же целью формулы должно вводить и в преподавание“.

Мы не можем без оговорки принять это заявление. „Механизировать“ действия, т. е. пользоваться формулой, взятой на память, и рассматривать ее как простое математическое выражение можно лишь тогда, когда существует полная уверенность в том, что учащийся совершенно отчетливо понимает закономерность, выраженную формулой, и сможет ее по первому требованию вывести.

---

[1] И. И. Соколов. Методика физики. 1936, стр. 48.

Впрочем, И. И. Соколов тоже делает оговорку, рекомендуя „от времени до времени возобновлять перед учащимися путем опроса их способ составления формулы и тем восстанавливать в их памяти физический смысл ее“.[1]

В тех случаях, когда формула дается без вывода и является даже „необязательной“, учащиеся все же должны понимать значение входящих в эту формулу величин и соотношения между ними.

Например, если формула, выражающая оптическую силу линзы,

$$\frac{1}{F}=(n-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)$$

не выводилась и не считалась „обязательной“, то преподаватель при решении задачи должен сам дать эту формулу. Ученик же должен отчетливо понимать, что главное фокусное расстояние зависит от показателя преломления материала, из которого сделана линза, и от радиусов ее поверхностей, и знать, как зависит от этих величин оптическая сила (когда увеличивается, когда уменьшается).

Могут быть и такие случаи, когда данная без вывода формула считается „обязательной“. Например, формула, выражающая законы колебания маятника $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ обычно дается в средней школе без вывода и все же считается „обязательной“.

Математикой в средней школе мы пользуемся при преподавании физики и для того, чтобы выяснить зависимость между физическими величинами в более сложных случаях, когда полностью эта зависимость не устанавливается путем наблюдения и опыта. Примерами могут служить:

1. Вывод формулы центростремительного ускорения

$$a=\frac{v^2}{R}=\frac{4\pi^2 R}{T^2}=\omega^2 R.$$

2. Вывод уравнения

$$FS=F_1S+\frac{mv_2^2}{2}-\frac{mv_1^2}{2}.$$

Математикой мы пользуемся для преобразования выведенной формулы в другую, которая нужна нам или для более отчетливого уяснения зависимости между физическими величинами, связанными некоторым законом, или для придания формуле вида, наиболее удобного для анализа, или такого вида формулы, который нужен нам для решения частного значения одной величины, входящей в формулу (для решения задач).

1. Примером могут служить:

Преобразование формулы

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F} \text{ в } f=\frac{F}{1-\frac{F}{d}}.$$

---

[1] И. И. Соколов. Методика физики. 1936, стр. 48.

Последняя формула особенно удобна для анализа зависимости фокусного расстояния линзы от расстояния предмета до оптического центра.

2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов

$$pv = \frac{2}{3} n \frac{mu^2}{2}$$

для определений средней скорости молекул преобразуется в

$$p = \frac{1}{3} \frac{M}{v} u^2 \text{ и } p = \frac{1}{3} Du^2,$$

откуда находится

$$u = \sqrt{\frac{3p}{D}}.$$

Графиками мы пользуемся для наглядного выражения функциональной зависимости между физическими величинами и для вывода некоторых закономерностей. Например:

1. Вычерчивание графика, выражающего зависимость между объемом газа и его давлением (изотерма).

2. График пути и скорости при равномерном движении. График скорости при равномерно переменном движении.

3. Вывод уравнения пути равномерно ускоренного или равномерно замедленного движения.

4. Выражение пройденного пути площадью. Выражение совершенной работы площадью для постоянной силы и для силы, изменяющейся по закону Гука.

Применение математики позволяет показать учащимся, что те закономерности, которые первоначально были выведены экспериментальным путем, могут быть выведены из некоторых общих теоретических соображений. Например, газовые законы (законы Шарля, Бойля-Мариотта, Гей-Люссака) могут быть выведены на основании теоретических данных молекулярно-кинетической теории путем анализа основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов.

Наконец, математика позволяет находить такие величины, измерение которых непосредственно невозможно. Например, расстояние до солнца, луны, планет, звезд; размеры, массы небесных светил; почти все данные астрономического характера.

Точно так же область молекул, атомов, электронов и т. д. открывается нам преимущественно путем математического анализа.

Ввиду такого широкого и глубокого применения математики при прохождении курса физики в средней школе преподаватель физики имеет право твердо и решительно требовать двух вещей: во-первых, максимального согласования программ по физике и математике и, во-вторых, отчетливого, твердого знания учащимися пройденных уже отделов математики. Между тем программы физики и математики до сего времени не согласованы в достаточной мере. Это особенно касается курса механики в VIII классе, где учащиеся в нужное время не знают еще координатных осей и графиков, не знают элементов тригонометрии, не знают пифаго-

ровой теоремы. Учащиеся VII класса обнаруживают недостаток знания уравнений первой степени, и все учащиеся от VI до X класса плохо считают.

Однако улучшить положение вещей можно не только согласованием программ физики и математики.

Нужна постоянная, повседневная связь преподавания физики с преподаванием математики.

Организована эта связь должна быть так, чтобы она не изменяла развития курса ни физики, ни математики, так как каждый из этих курсов обладает своей, ему присущей логикой построения и своей методикой.

И. И. Соколов, выяснив значение математики при прохождении курса физики, настаивает на связи физики с математикой. Он отмечает, что потребности физики, опережающие обыкновенно сведения, даваемые математикой, не могут влиять на изменение системы математики.

„Эта наука, дающая в данном случае орудие в руки физики, имеет свою собственную логически обоснованную систему, варьировать которую возможно лишь в сравнительно узких пределах. Поэтому объем физики должен в основном приноравливаться к математическому вооружению учащихся, а не наоборот".[1]

Осуществлять эту связь можно следующим образом.

Во-первых, преподаватели обоих предметов должны знать программы и рабочие планы друг друга и в лучшем случае участвовать в составлении этих рабочих планов. К сожалению, как правило, можно утверждать, что преподаватели математики не знают, что проходят в данный период времени их ученики по физике. То же касается и преподавателей физики, что менее простительно, чем для преподавателей математики, так как для первых математика является аппаратом, при помощи которого они формулируют, анализируют изучаемые закономерности и решают задачи, тогда как преподавателю математики все же возможно, хотя и не желательно, проходить курс вполне отвлеченно, вовсе не пользуясь примерами из физики. Нередко случается, что преподаватель физики пользуется таким математическим аппаратом, который еще не изучался учащимися. Бывают случаи, когда преподаватель по плану должен решить, например, такую задачу, которая проще решается при помощи квадратных уравнений, обращение с которыми учащимся неизвестно.

На уроках математики обычно задачи с определенным конкретным, из природы взятым содержанием не решаются. Однако совершенно возможно, не искажая направления курса, его специфических особенностей, решать на уроках математики задачи с физическим содержанием. Можно было бы ряд вопросов прямо перенести из курса физики в курс математики. Например, преподаватель физики находит равнодействующую двух сил, действующих под углом друг к другу, графически, а преподаватель математики выводит уравнение $F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\alpha$ и произ-

[1] И. И. Соколов. Методика физики. 1936, стр. 51.

водит его анализ; на уроках математики решается задача о теле, брошенном под углом к горизонту, рассчитывается циферблат горизонтальных солнечных часов ($\operatorname{tg} x = \sin \varphi \operatorname{tg} \theta$), решается ряд задач из отделов статики, динамики, оптики и т. д. Все это возможно сделать без малейшего нарушения плана развития курса математики.

Однако преподаватели математики неохотно идут навстречу такой совместной работе с физиками, некоторые из них считают даже решение задач по физике на уроках математики „левым загибом".

Нам кажется, что главной причиной такого упорства математиков является недостаточная осведомленность их в содержании курса физики, незнание того, что пройдено их учащимися по физике. Второй причиной выставляют „перегрузку", которая будто бы явится результатом осуществления предложения физиков.

Анализируя эти возражения, можно сказать следующее:

1. Непонятно, почему решение задач по геодезии (задачи „на местности") не является „загибом", а задачи по статике являются „загибом". Ведь задачи „на местности" всегда решали, в самые схоластические периоды преподавания математики.

2. Если преподаватели позабыли некоторые главы физики, то пусть вспомнят их — это не будет для них большой трудностью.

3. Решение конкретных задач в курсе математики не замедляет прохождения курса, а ускоряет его, так как осмысливает теоретические знания учащихся.

Если связь между преподаванием физики и преподаванием математики не будет установлена, то „перегородка" в головах учащихся, разграничивающая разного рода знания, разрушена не будет, и математические операции, встречающиеся при развитии курса физики и при решении задач, будут продолжать являться тормозом для изучения физических проблем.

Делаются в отдельных школах слабые попытки установить эту желанную для физиков связь. Преподавателями 1-й школы Петроградского района В. Н. Ушаковой (математик) и Д. А. Александровым (физик) составлен список задач по статике, которые должны решаться на уроках математики. Постепенность введения тригонометрического материала в этих задачах соответствует плану изучения тригонометрических функций в VIII классе.

Вопрос о связи преподавания физики и преподавания математики должен сделаться содержанием научно-исследовательской работы компетентной группы преподавателей той и другой дисциплины.

Есть еще один чрезвычайно важный вопрос: ввиду невозможности полного согласования программ физики и математики, как должен поступать преподаватель физики, если его ученики не обладают теми математическими знаниями, которые необходимы им для усвоения данного вопроса курса физики?

Объяснительная записка к программе 1938 г. рекомендовала:

При изучении равномерно-переменного движения ограничиться простейшими и в то же время практически наиболее часто встречающимися случаями, приводимыми к решению неполных квадратных уравнений, решаемых путем разложения на множители. При сложении скоростей или сил под углом надо дать экспериментальное и графическое решение вопроса, не упуская его содержания. При повторении материала в конце года следует использовать рост математических знаний учеников.

Однако есть случаи, когда такое упрощение или такая отсрочка невозможны. Например, при прохождении кинематики (в начале курса физики VIII класса) необходимо, чтобы учащиеся были знакомы с координатами и способами вычерчивания графиков, при изучении винта необходимо вычислять длину окружности (в том же VIII классе), при изучении молекулярной физики в IX классе (для измерения высоты подъема жидкости в капиллярной трубке) надо знать объем цилиндра и т. д.

В этих случаях преподавателю физики приходится самому излагать данный математический вопрос или давать готовую формулу ($C = 2\pi r$; $V = \pi r^2 h$).

Учащиеся VIII класса в тот период, когда по физике проходится сложение сил, знают только тригонометрические величины углов от 0° до 90°, и если бы преподаватель хотел дать формулу $F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha$, то ему пришлось бы рассказать о тригонометрических величинах углов от 0° до 180°.

Учащиеся VIII класса, исполнив заданную им работу — вычерчивание траекторий тела, брошенного под углами к горизонту, равными 30°, 45°, 60°, сделали все выводы и пожелали узнать, как вычисляется дальность полета и высота подъема в зависимости от начальной скорости и угла возвышения. Преподаватель дал им понятие о синусе и косинусе углов, об их изменении в пределах от 0° до 90°, а формулу $2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \sin 2\alpha$ дал без вывода, указав, что вывод этой формулы будет со временем сделан на уроке математики. То обстоятельство, что графический способ анализа движения тела, брошенного под углом к горизонту, и способ, основанный на математическом выводе, привели к одному и тому же результату (дальность полета брошенного тела, наибольшая при угле возвышения, равном 45°, а при углах возвышения 30° и 60° дальности полета равны и т. д.), заинтересовали учащихся, дали им удовлетворение, побудили к дальнейшему изучению предмета.[1]

Каждый учитель должен сообразить, в каких случаях возможны такие приемы работы, а в каких невозможны и даже вредны.

Вообще же можно утверждать, что если законы математики не просто изучаются как таковые, а применяются как орудие для решения конкретных, жизненных задач, то законы усваиваются учащимися значительно лучше и вполне сознательно.

Для того чтобы избежать неожиданного столкновения с незнанием учащимися нужных элементов математики или забвения их,

[1] Опыт 1-й школы Петроградского района г. Ленинграда.

при выводе той или иной формулы, решении той или иной задачи, анализе изучаемого явления, закона, необходимо проверить заранее, знают ли, помнят ли, понимают ли учащиеся тот математический материал, который нужен при изучении данного вопроса физики. Если знание необходимого недостаточно, то следует пополнить его. Делать вывод для учащихся, которые не понимают его или все свое внимание сосредоточивают на математических операциях, а не на физическом значении излагаемого, не только бесполезно, но и вредно, так как возбуждает у учащихся скуку, а подчас и отвращение к предмету.

О. Д. Хвольсон, А. А. Эйхенвальд, А. А. Ноультон[1] вводят в своих курсах те элементы математики, которые им необходимы для изложения материала, чтобы напомнить читателям, какой математический аппарат им нужен для понимания того, что они собираются изучать.

Этому обычаю указанных авторов, по совершенно справедливому замечанию проф. И. И. Соколова, не могут следовать преподаватели физики средней школы.

Введение в курс физики элементов математики, необходимых для изложения материала, только осложнит курс физики при его чрезмерной перегруженности, не всегда давая положительные результаты. Отсюда следует, что „несогласованность программы математики с потребностями преподавания физики надо устранять иным более организованным путем“.

Проект программы по физике для школы 11-летки в значительной мере предусматривает устранение этой несогласованности. В настоящее же время для устранения основных недоразумений, возникающих вследствие несогласованности программ физики и математики, можно рекомендовать только соответствующее обращение в известных случаях преподавателей физики к преподавателям математики.

Часто приводимая отговорка, что-де отдел, нужный физике, уже пройден и математика занята в данное время другим отделом, является совершенно неосновательной. Какое же это прохождение предмета, когда при изучении нового отдела пройденные отделы забываются и их не повторяют?

Сказанное особенно относится к знанию учащимися арифметики: они вплоть до X класса плохо оперируют не только с простыми и десятичными дробями, но и с целыми числами; наибольшего труда стоит учащимся при решении задач подстановка чисел в полученную формулу и производство вычислений. Часто числа учащиеся называют цифрами. Не диво встретить такого рода сокращение: $\frac{1,2}{1,2 \times 3 + 20} = \frac{1}{3 + 20}$, или такого рода преобразование: $7^2 = 14$ и т. д.

---

[1] О. Д. Хвольсон. Курс физики. Том I, 1933, § 14 (Некоторые вопросы из математики); А. А. Эйхенвальд. Электричество; А. А. Ноультон. Физика. 1934, гл. IV. (Направленные величины и действия с ними.)

Все это говорит о необходимости совместной работы преподавателей математики и физики, о необходимости повторения арифметики и начальной алгебры в старших классах, о необходимости решения задач с физическим содержанием на уроках математики, о необходимости пересмотра курса математики с одновременным улучшением качества его изучения.

ГЛАВА IV

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Задачи по физике можно разделить прежде всего на два отличающиеся по своему характеру вида: задачи-вопросы, задачи расчетные или вычислительные. Как уже отмечалось выше, такое деление задач на два типа было впервые введено Лермантовым и первый тип задач назван был им не совсем удачно „логическими задачами“. В настоящее время эти задачи иногда называют качественными задачами, — опять-таки не вполне точное название, так как они могут быть и количественными.

К задачам-вопросам относятся все те разнообразные задачи по всем отделам курса, для решения которых в большинстве случаев не требуется никаких вычислений и, следовательно, они не связаны с математическими знаниями и навыками учащихся. При решении этих задач учащиеся упражняются в применении того или иного закона для объяснения конкретного случая или явления окружающей жизни или техники, упражняются „в мышлении, основанном на законах физики, не отвлекаясь трудностями математическими“.[1]

В смысле выяснения физической стороны дела эти задачи имеют первостепенное значение по сравнению с вычислительными задачами и должны быть поэтому широко использованы при прохождении всех отделов курса. „Логические задачи играют самостоятельную и важную роль: они не только обращаются к смекалке учащихся и будят их интерес и мысль, но и сближают изучаемые законы с повседневной жизнью и вопросами техники“.[2]

„Задачи-вопросы, не требующие сложного математического аппарата, решаются обыкновенно устно. Такое решение дает учащимся возможность заученные определения и выводы сознательно применять в качестве действенных орудий, вырабатывает у них отчетливое понимание сущности физических величин и их соотношений“.

Помимо этого, устное решение задач, как показывает практика, нравится учащимся и повышает их интерес к решению задач по физике вообще.

Задачи-вопросы ценны еще и в другом отношении: они могут применяться при прохождении таких вопросов курса физики, как

---

[1] Лермантов. Методика физики и содержание приборов в исправности. 1907, стр. 52.

[2] Н. В. Кашин. Методика физики.

например, закон инерции, зависимость температурных фазовых превращений от давления, магнитное поле и т. д., когда расчетные задачи в пределах курса средней школы применены быть не могут.

Приведем несколько примеров задач-вопросов из разных отделов курса физики:

1. Может ли ракета двигаться в безвоздушном пространстве?

2. Одинаковые ли усилия нужны, чтобы поднимать груз или тащить его по полу?

3. Почему силы центростремительная и центробежная не уравновешивают друг друга?

4. На весах уравновешены кусок меди и алюминия. Нарушится ли равновесие, если оба тела погрузить в воду?

5. Почему чернилами нельзя писать на жирной бумаге?

6. Почему самовар не распаивается от горячих углей, пока в нем есть вода?

7. Потонет ли кусок твердого чугуна в расплавленном чугуне?

8. Почему воздух, выходящий из клапана велосипедной шины, дает ощущение холода?

9. Что будет с разностью потенциалов на пластинах заряженного конденсатора, если уменьшить расстояние между ними?

10. В каком случае гальванический элемент может дать максимальную мощность?

11. Почему кусок металла при быстром вращении в поле сильного электромагнита разогревается?

12. Две проволоки — железная и медная, одинаковой длины и одинакового сечения включены в цепь параллельно. По какой из них пойдет ток большей силы? Почему?

13. Два проводника из одного и того же материала и одинаковой длины, но сечение одного в 2 раза больше другого — включены последовательно в цепь. В каком из этих проводников выделится больше теплоты за одно и то же время и во сколько раз? Почему?

14. Две лампочки, рассчитанные на одинаковое напряжение, обладают разной мощностью. В какой из лампочек выделится больше теплоты при последовательном их включении в сеть с напряжением, на которое рассчитана каждая лампочка?

15. Почему конец пальца, приложенного к стеклу зеркала, не совпадает с концом изображения пальца? В каких зеркалах это явление не будет иметь места?

16. Как искусственным путем получить радугу?

17. Какому зрителю придется больше раздвигать трубку театрального бинокля — дальнозоркому или близорукому?

Можно было бы продолжить число этих задач-вопросов, но и приведенных достаточно для того, чтобы судить о большом разнообразии их содержания и об их значении в деле понимания учащимися законов физики без установления точных количественных соотношений.

Задачи-вопросы, „сближая изучаемую теорию с окружающей жизнью, усиливают в учащихся интерес к предмету, содействуют развитию наблюдательности и, несомненно, в значительной мере способствуют уяснению изученных в физике явлений“.[1]

---

[1] Тумасов. Сборник задач и вопросов по физике. 1914.

Существенно отметить, что, решая задачу-вопрос, учащийся должен не только вспомнить изученный им закон, но уметь применить его для объяснения некоторого конкретного физического явления или соотношения между физическими величинами. Задачи-вопросы развивают у учащихся весьма ценные навыки применения общих положений к конкретным частным случаям — к практике. Поэтому вопросы: „в чем заключается закон Ома", „что такое удельный вес", „какими свойствами обладают катодные лучи" и т. д. не являются задачами. Вопросы эти задаются для того, чтобы убедиться только в том, помнит ли учащийся определения понятий, формулировки законов, формулы.

Любопытно отметить, что еще в 1899 г. на съезде преподавателей физико-математических наук средних учебных заведений Московского учебного округа указывалось на желательность реформы физических задач в том смысле, чтобы в этих задачах занял первое место физический элемент, а математическому отведено лишь служебное значение и в то же время было отмечено особое значение задач-вопросов в следующей резолюции:

„Есть физические задачи другого рода, задачи, в которые входит только физический элемент, вроде, например, следующих:

1. Почему нельзя писать обыкновенными чернилами на сальной бумаге?

2. Почему на некотором расстоянии мы прежде видим удар топора, а потом уже слышим его? и т. д.

Разбор и решение таких задач имеет большое значение в смысле углубления учащихся в сущность физических явлений. А ведь мы так ищем у учеников интереса к явлениям, так желаем от них внимательного вдумчивого к ним отношения.

Мы на уроке, говоря о явлениях физических (в обширном смысле этого слова), указываем, что за ними ходить далеко не нужно, что они окружают нас.

Разработка же и решение предлагаемых задач имеет целью, между прочим, заставить оглянуться внимательнее кругом и вдуматься в смысл явлений нашей будничной жизни; оно окажет, таким образом, содействие тому, чтобы изучающий природу сблизился с нею.

Решение таких задач целым классом внесет в его жизнь очень большое оживление. Желательно потому, чтобы таким задачам-вопросам было отведено подобающее место на уроках физики в средних учебных заведениях".[1]

Однако следует отметить, что эти задачи, несмотря на указанную педагогическую ценность, до настоящего времени не пользуются еще заслуженным вниманием со стороны преподавателей физики и предлагаются учащимся очень редко в классной работе и в порядке домашнего задания.

„Это надо считать существенным пробелом и надо думать, что в недооценке упражнений указанного вида кроется одна из причин того формализма в знаниях учащихся и тех затруднений у них в решении расчетных задач, которые довольно часто имеют место".[2]

---

[1] „Физико-математический ежегодник". 1900.

[2] К. Н. Елизаров. Вопросы методики и организации урока физики. 1941, стр. 43.

Перейдем теперь ко второму типу задач — к расчетным или вычислительным задачам. Как показывает самое название, к вычислительным задачам относятся все те разнообразные задачи, при решении которых учащиеся для получения окончательного результата должны произвести те или другие, часто довольно сложные, математические операции. Отсюда при решении этих задач от учащихся требуются не только знания физических законов и понятий, но и наличие определенных математических знаний и навыков.

Вычислительные задачи можно классифицировать по разным принципам, например, по целевой установке, по содержанию, по степени трудности, по способу решения и т. п.

С точки зрения целевой установки эти задачи можно классифицировать так:

1. Задачи, помогающие уяснению и закреплению выведенного закона и его запоминанию.
2. Задачи, укрепляющие знание наименований единиц, употребляемых в изучаемом отделе.
3. Задачи, закрепляющие основные физические понятия и некоторые константы.
4. Задачи, способствующие закреплению и развитию навыков в обращении с формулами, выражающими физические законы.
5. Задачи, помогающие выявлению и исправлению недочетов в понимании и применении тех или иных закономерностей.

Все эти разнообразные задачи школьная практика объединяет в одну общую группу — тренировочных задач. Простейшие из них, чаще всего в один вопрос, при решении которых используется только одна готовая формула, можно назвать задачами-примерами.

К тренировочным задачам, несомненно, можно отнести и задачи лабораторного типа, при решении которых вычисляются те или иные физические константы.

Эти задачи обычно или предшествуют соответствующей лабораторной работе, чтобы повысить сознательность ее выполнения, или следуют после нее для ее закрепления.

Примерами таких задач в задачнике Демидова могут быть хотя бы следующие: № 1, 2, 85, 89, 145, 193, 199, 250, 252, 714, 755 и т. д.

Кроме тренировочных задач, широко используются так называемые комбинированные задачи. Сюда относятся:

6. Задачи, расширяющие и углубляющие знания учащихся.
7. Задачи, способствующие установлению связи между изученным отделом и другими, уже ранее изученными, и, таким образом, развивающие навыки в координировании вопросов, относящихся к различным отделам курса. Типичными примерами комбинированных задач могут служить задачи, связанные с законом сохранения и превращения энергии.

Можно указать еще задачи специального назначения, как, например, задачи, содержащие элементы изобретательства и элементы исследовательского характера и т. п.

Что касается содержания вычислительных задач, то оно может быть самое разнообразное.

Весьма ценными в педагогическом процессе являются задачи, знакомящие учащихся с техническими вопросами, задачи, в которые входят элементы политехнического характера и вопросы, взятые из области широкого социалистического строительства, касающиеся обороны страны, сельского хозяйства, научных исследований и т. п.

„Такие задачи должны быть более или менее схематизированы, так как в школе рассматривается не комплекс явлений, связанных с производством, а выделенные из него интересные для изучаемой темы соотношения".[1]

Такого рода задачи не только помогают усвоению физического материала, но и развивают кругозор учащихся, знакомят их с элементами технических расчетов, приучают видеть физику везде.

За этими задачами закрепилось название производственных или технических задач.

Нам думается, к школьным производственным задачам можно отнести большинство задач конкретного содержания или, как их называет Мэнн, жизненных задач.

Сюда относятся, во-первых, такие, например, задачи-вопросы:

1. Как изменится осадка судна при переходе из реки в море и почему?

2. Что весит больше — дом из бетона или такой же дом из кирпича? Во сколько раз больше?

3. Почему дальнобойные орудия имеют длинные стволы?

4. Можно ли осветить елку шестивольтными лампами, если напряжение в сети 120 вольт и, если можно, как это сделать?

5. Какой провод лучше всего применить для электрических нагревательных приборов? и т. п.

Сюда можно отнести, во-вторых, самого разнообразного содержания вычислительные задачи, как например:

1. Задачи на определение грузоподъемности судна по его весу и объему подводной части.

2. Задачи на определение подъемой силы дирижабля или аэростата. (Демидов, № 170.)

3. Задачи на определение тепловой отдачи нагревательных приборов. (Демидов, № 208, 302.)

4. Задачи на расчет количества топлива для отопления помещения, для плавильных печей, для работы тепловых двигателей. (Демидов, № 207, 210, 301, 223, 227, 230, 231, 239.)

5. Задачи на расчет длины проводника для реостата определенного сопротивления или для нагревательного прибора. (Демидов, № 787, 788.)

6. Задачи на расчет стоимости потребляемой электроэнергии в различных случаях. (Демидов, № 784.)

7. Задачи на расчет работы и мощности в различных случаях при движении по горизонтальному пути, при подъеме груза.

---

[1] Знаменский и др. Методика преподавания физики в средней школе. 1938, стр. 92.

8. Задачи на расчет силы тяги паровоза в различных случаях, количества суточной добычи нефти по заданной мощности насоса. (Демидов, № 548, 71.)

9. Задачи на расчет веса поднимаемого груза по мощности и скорости подъемника. (Демидов, № 70.)

10. Задачи на расчет диаметра шахтного троса, допускаемой нагрузки сцепного крюка железнодорожных поездов и т. п.

11. Задачи на расчет мощности тепловых двигателей.

12. Задачи на расчет сечения проводов при заданной передаваемой мощности, например:

„Какого сечения должно взять медные провода для передачи электрической энергии Свирской станции при мощности 100 000 киловатт, если длина линии передачи 250 *км* и передача идет с напряжением 200 000 вольт.

Допустимые потери энергии считать 10%“.

Можно было бы продолжить перечень тех вопросов, которые составляют содержание школьных вычислительных задач технического характера, но и приведенных здесь вполне достаточно, чтобы показать все разнообразие их содержания.

Конкретные задачи с таким содержанием, кроме имеющихся в некотором количестве в упражнениях современных учебников физики, в задачнике для старших классов Демидова (отдельные номера которых указаны выше), могут быть выбраны для решения из других задачников (Неймана и Соколика, Афанасьева, Сахарова и Косьменкова и др.).

Заслуживает подражания опыт отдельных преподавателей самостоятельно составлять разного рода производственные задачи, используя для этой цели данные экскурсий, печатных изданий, справочников, стремясь „скелет“ производственной задачи „одеть в плоть и кровь технических данных текущего дня“.

К сожалению, такого рода задач, насыщенных материалом современности, в существующей учебной литературе очень мало, а между тем эти задачи, помимо общего значения, имеют большое значение в деле политического воспитания, так как при их решении устанавливается тесная связь физики с современностью, с социалистическим строительством.

Нельзя не остановиться еще на одном типе школьных производственных задач, сравнительно мало используемых на практике, но имеющих, несомненно, большую педагогическую ценность, — это задачи на объяснение чертежей, рисунков, схем.

Примером подобных задач могут быть хотя бы такие:

1. Объяснить по рисунку действие воздушного тормоза.

2. Объяснить схему соединения двух коридорных выключателей с лампой. (Фалеев, № 707.)

3. Объяснить по схеме включение лампочек через так называемый люстровой переключатель. (Фалеев, № 706.)

4. Объяснить по схеме соединение, позволяющее включать одну и ту же лампу из двух разных мест. (Бачинский, № 989.)

5. Объяснить схему соединения, при котором одновременно с выключением лампы в одной комнате загорается лампа в другой. (Бачинский, № 988.)

Все перечисленные виды школьных производственных задач по физике имеют то основное преимущество перед другими видами задач, что их содержание, как уже отмечалось выше, всегда связано с конкретной действительностью.

Нельзя не остановиться еще на одном виде задач по физике, на так называемых экспериментальных задачах. Вопрос о возможности привлечения эксперимента к такому виду работ, как решение задач, является в настоящее время чрезвычайно актуальным. Не уточняя самого термина „экспериментальные задачи", мы к данному типу задач в широком смысле слова будем относить всякого рода задачи по физике, при решении которых в той или иной мере может быть использован эксперимент.

По роли эксперимента при их решении экспериментальные задачи могут быть следующего характера:

I. Экспериментальные задачи в собственном смысле слова. К этой группе можно отнести такие задачи, которые не могут быть решены без тех или иных измерений или того или иного опыта.

Сюда относятся прежде всего так называемые „вещественные" задачи, т. е. такие, которые даются „вещами", а не готовым „числом и мерой". Получив ту или иную „вещь", учащиеся сами должны отыскать те или иные необходимые данные и установить зависимость между ними. По своему характеру большинство этих задач сходно с соответствующими лабораторными работами. Вот некоторые примеры этих задач:

1. Определить удельный вес данного металла.
2. Определить вес воздуха, заполняющего данную комнату.
3. Определить длину звуковой волны данного камертона.
4. Определить сопротивление данной электрической лампочки.
5. Определить оптическую силу данной линзы.

В этот перечень могут войти без всякого изменения большинство вопросов, включенных проф. П. А. Знаменским[1] в заключительные практикумы, например:

1. Определить объем одной капли жидкости, одной дробинки.
2. Определить взвешиванием толщину металлической пластинки.
3. Определить длину мотка проволоки, не разматывая его.
4. Установить, имеется ли в металлической отливке воздушная полость и т. д.

К этому же виду экспериментальных задач относятся и такие, например, вычислительные задачи, как: „Определить мощность, развиваемую вами при подъеме по лестнице во второй этаж". „С какой средней скоростью вы идете из дому в школу?" „Определить мощность горящей спички" и т. д.

Сюда же надо отнести задачи исследовательского характера типа „Живые задачи" Зибера, для которых характерны следующие положения: 1. „Каждая задача ставится в виде опыта, так что учащиеся видят задачу".

2. „Каждая задача требует опытного решения".

К этой же группе надо отнести задачи-вопросы такого характера: „Как убедиться, что в стакане имеется воздух?" „Как убе-

[1] П. А. Знаменский. Физика в школе. 1945.

диться, что в барометрической трубке над ртутью нет воздуха?" „Какой объем занимает воздух между дробинками, всыпанными в мензурку?" и т. п.

II. Ко второй группе экспериментальных задач можно отнести чрезвычайно большое количество задач как вычислительных, так и задач-вопросов, которые допускают решение без опыта, но в то же время это решение может быть получено опытным путем, т. е. опыт проверяет решение. Сюда относятся те задачи, данные для которых берутся непосредственно из соответствующих демонстраций или лабораторных работ — „задачи с экспериментального стола".

К этому же виду задач относится, во-вторых, немалое число задач, взятых из учебной литературы, допускающих опытную проверку.

Приведем примеры этого вида экспериментальных задач:

1. К коромыслу весов с одной стороны привязана свинцовая гиря, с другой стороны — такого же веса чугунная гиря. Останутся ли весы в равновесии, если обе гири погрузить целиком в воду? Какая сторона перевесит?

2. Определить силу тока в цепи, если вольтметр, включенный параллельно участку цепи с сопротивлением в 2 ома, показывает 1 вольт.

3. На каком расстоянии упадет шарик, скатывающийся с жолоба с высоты 1,75 *м* со скоростью 1,9 $м \frac{м}{сек}$?

4. Определить вес метровой линейки, если, будучи подперта на расстоянии 40 *см* от одного конца, она уравновешивается грузом в 50 *г*, положенным на короткий конец ее.

5. На сколько удлинится резиновый шнур длиною в 1 *м* и площадью поперечного сечения 10 $мм^2$, если к концу его подвешен груз в 10 *Г*? Модуль Юнга для резины 0,1 $\frac{кГ}{мм^2}$.

III. Наконец, можно указать еще третью группу задач, которые только условно могут быть названы экспериментальными, это те задачи, при решении которых опыт используется как иллюстрация. Примером таких задач могут быть хотя бы задачи № 340, 342 Демидова, многие задачи из отдела „Статики" и из отдела „Оптики" и др.

Уже из сказанного ясна неодинаковая роль опыта в перечисленных трех группах экспериментальных задач. В первой группе опыт имеет решающее значение, так как без него совершенно не может быть дан ответ на вопрос задачи: опыт здесь либо дает необходимые для решения данные, либо дает непосредственно ответ на вопрос задачи, т. е. дает, следовательно, самое решение задачи.

Задачи второй группы, в свою очередь, имеют неодинаковую связь с опытом. Наибольшую связь с опытом имеют те задачи, содержание которых тесно связано с демонстрациями, производимыми на том или ином уроке. Этот вид задач характеризуется тем, что и само их содержание и числовые данные берутся непосредственно из производимой в данный момент демонстрации или

лабораторной работы, а результат вычислений здесь же проверяется опытом.

Наконец, в задачах последней группы, условно относимых нами к экспериментальным задачам, являющихся, так сказать, переходными к экспериментальным задачам в собственном смысле, опыт в основном используется как элемент наглядности для конкретизации физического содержания задачи. При выборе задач, как контролируемых, так и иллюстрируемых опытом, необходимо соблюдать одно основное условие, чтобы данные расчета и опытной проверки были бы возможно ближе друг к другу. Небольшие отклонения, в 2—3%, могут быть легко здесь объяснены влиянием случайных второстепенных обстоятельств. Поэтому в выборе задач, контролируемых опытом, надо быть крайне осторожными, чтобы вместо опытного подтверждения не получилось опытного опровержения. В тех случаях, когда возможная опытная проверка решения задачи не может быть осуществлена из-за большого влияния второстепенных обстоятельств, нельзя все же отказываться от качественной демонстрации, которая должна предшествовать решению таких задач. В последнем случае демонстрация тоже играет чрезвычайно положительную роль: она повышает интерес учащихся к решаемой задаче и дает возможность преподавателю глубже выяснить физический смысл задачи, обратив внимание учащихся на те факты, которые не учитываются решением, но которые все же оказывают некоторое влияние на описываемое в задаче физическое явление.

Привлечение эксперимента при решении обычного характера вычислительных задач для проверки их решения или даже в качестве иллюстрации, конкретизируя их физическое содержание, этим самым повышает педагогическую ценность этих задач. Вот почему при решении разного рода задач, где представляется возможным, необходимо привлекать эксперимент в той или иной форме.

Помимо этого, необходимо вообще шире применять экспериментальные задачи самого разнообразного характера и на уроках физики и для самостоятельной (кружковой и даже домашней) работы учащихся.

Заканчивая вопрос о классификации задач по физике, упомянем еще об одном виде задач — это задачи „исторического“ содержания, в которых используются „данные исторически известных опытов“.[1]

Вот пример вычислительных задач этого типа.

„Магдебургские полушария в опыте О. Герике (8 мая 1654 г.) диаметром в $\frac{3}{4}$ магдебургских локтя 16 лошадей либо вовсе не могли разорвать, либо разрывали с великим трудом. Какова сила давления на всю площадь полушарий?“

„В одной установке опыта Кэвендиша большая масса свинца равнялась 5000 *г*, масса шарика была 10 *г*, а расстояние между их центрами 7 *см*. Сила

[1] В. И. Кармилов. Из „Ученых записок“ Пермского государственного педагогического института. 1938 г.

притяжения оказалась при этом равной одной шестнадцатимиллионной грамма. Какова получилась отсюда величина гравитационной постоянной?"

„Блэк нашел, что после погружения в воду при температуре последней 172° куска льда равного ей веса при 32° весь лед растаял и смесь получилась 32°, а не 10°, как можно было ожидать. Объяснить результат опыта".

„Вильке (1772 г.) для случая смеси снега и воды дал формулу Рихмана в виде

$$T = \frac{m_1 t_1 - 72 m_2}{m_1 + m_2}$$

m_2 — масса снега, имеющая температуру 0°.

Какова теплота плавления льда, согласно этой формуле?"

„Французский физик Био определял скорость звука в чугуне, наблюдая на одном конце чугунной трубы два последовательных звука, соответствующие одному удару по другому концу этой трубы длиною $l = 950$ *м*. он услыхал эти звуки через 2,6 сек. один после другого. Какова скорость звука в чугуне?"

Вот примеры задач-вопросов такого же содержания:

„Комментатор Аристотеля Симплиций приводит утверждение Аристотеля, будто надутый мех весит больше не надутого: отсюда Аристотель заключает, что воздух имеет вес.

— Я делал опыт с всевозможной точностью и нашел, что вес меха был тот же до и после раздутия. Надо бы заметить, что элементы не весят сами в себе (воздух в воздухе, вода в воде), — говорит Симплиций. Прав ли Аристотель в своих утверждениях?"

„Философ Вольтер произвел такой опыт. Он наполнил шелковый мешок воздухом, завязал отверстие ниткой и все это взвесил на чувствительных весах. Затем он развязал мешок, скомкал его, выгнав этим воздух из мешка, и опять взвесил мешок вместе с ниткой. Отсюда Вольтер сделал заключение, что воздух не имеет веса. В чем заключается ошибка, допущенная Вольтером?"

„Рассуждение Аристотеля о падающих телах приблизительно таково: кирпич падает с определенной скоростью; если на него сверху положить другой кирпич, верхний будет давить на нижний, и поэтому два кирпича должны падать скорее, чем один. Правильны ли выводы Аристотеля?"

„Декарт установил следующие законы движения:

а) Все тела стремятся всеми силами оставаться на своем месте.

б) Мера силы тела есть произведение его массы и скорости.

в) Движущееся тело стремится сохранить величину своей скорости и направление.

Правильны ли эти законы Декарта?"

Мы привели здесь только отдельные примеры задач с „историческим" содержанием, но и приведенных примеров достаточно, чтобы сделать вывод о их большой педагогической ценности.

Несомненно, исторические задачи по своему содержанию могут быть отнесены к различным уже указанным нами типам задач, но мы выделили их в особую группу только для того, чтобы обратить на них внимание преподавателей физики.

Эти задачи помогут преподавателю не только ознакомить учащихся с отдельными этапами истории развития науки физики[1], но и расширить кругозор учащихся, уяснить отдельные вопросы курса физики.

---

[1] Е. В. Савелова. История физики и техники в курсе физики средней школы. 1941.

ГЛАВА V

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РЕШАЕМЫМ ЗАДАЧАМ

Решение задач по физике только тогда будет иметь действительную ценность, отмеченную выше, когда оно будет правильно использовано и правильно применено в педагогическом процессе. Для этого прежде всего необходимо, чтобы решение задач не было случайным, эпизодическим, а было бы органически связано со всем педагогическим процессом в целом.

„Самое применение того или иного понятия или закономерности к решению задач отнюдь не следует отделять от самого установления этого понятия или закономерности на какой-либо более или менее длительный срок“.[1] Что мы имеем во многих случаях на практике? Задачи решаются время от времени, оторванно от изучаемого материала. Учащиеся обучаются решению задач отдельно от изучения физики, что противоречит смыслу и значению решения задач.

Кроме того, встречаются и такие преподаватели, которые даже в настоящее время не обращают никакого внимания на решение задач по физике, почти совсем не применяют их в педагогическом процессе. Наблюдаются на практике и такие случаи, как отмечает А. В. Перышкин, когда преподаватели, наоборот, на своих уроках по физике решением задач часто подменивают „почти все другие методические приемы. Задачи решают всегда и в классе и дома, решают без всякой системы, не ставя перед собою вопроса, какую цель преследует та или другая задача, нужна она или не нужна“.

Не подлежит никакому сомнению, что решение задач нельзя рассматривать и применять как какой-то „универсальный метод, пользуясь которым пытаются разрешить чуть ли не все образовательные и воспитательные задачи, стоящие перед курсом физики“.

Правильная постановка этого вопроса требует, чтобы решение задач применялось в педагогическом процессе, примерно, так, как применяются демонстрации, лабораторные работы и другие формы педагогической работы.

Каждая задача должна решаться с определенной, заранее намеченной целью.

Какую задачу необходимо решать в данный момент? Что дает учащимся решение той или иной задачи? Когда можно переходить от простых задач к более сложным? — вот вопросы, которые все время должен ставить себе преподаватель. Отсюда вытекает первое требование, которое мы должны предъявлять к решаемым задачам, — *это строгий подбор задач для решения и порядок или последовательность их решения.*

---

[1] Проф. В. Д. Галанин. В помощь учителю. 1940, № 16.

На эту сторону работы следует обратить особое внимание, потому что имеющаяся учебная литература во многих своих отделах совершенно не удовлетворяет этому основному педагогическому требованию.

В упражнениях учебника физики для VI и VII классов Г. П. Фалеева и А. В. Перышкина по некоторым темам нет достаточного количества „тренировочных“ задач, а по отдельным темам имеется ряд задач, недоступных пониманию учащихся этих классов (например, ч. 1, гл. V, № 8, 9). Задачник для старших классов под редакцией Н. Н. Демидова, составленный по несколько иной программе, чем программа средней школы, тоже при пользовании требует по некоторым темам дополнений (задачи-примеры и тренировочные задачи), переброски задач из одной темы в другие и т. д. В нем также мало задач, связанных с современностью, содержание некоторых задач отличается искусственностью, а числовые данные некоторых задач устарели (масса поезда, средняя мощность паровоза, скорость движения самолета и т. п.). Кроме того, в задачнике не всегда соблюдается точность в терминологии, например „давление“ вместо „силы давления“ (№ 594), „натяжение“ вместо „силы натяжения“ (№ 599) и др., не соблюдается стандартное обозначение наименований величин (*кГ* и *кг*, *кГ·м*), много неправильных ответов и т. д.

Упражнения в учебнике для старших классов И. И. Соколова в большинстве случаев содержат однообразные задачи-примеры, в некоторых упражнениях нет совершенно типовых примеров и задач, а имеются только трудные, например, в упражнении на центростремительную силу. В порядке расположения задач не соблюдается переход от более легких, простых, к более сложным. Все это говорит за то, что преподаватель сам должен тщательно подбирать задачи как для решения в классе, так и для самостоятельного решения учащимися дома.

Второе требование касается физического содержания решаемых задач.

При выборе задач их содержание должно быть методически вполне оправданным. Следуя общим педагогическим требованиям, в каждом отдельном случае необходимо начинать работу с самых простых задач-примеров, при решении которых внимание учащихся фиксировалось бы сразу на закономерности, изучаемой в данный момент, на одной трудности, а затем, уже после закрепления изучаемого материала, можно переходить к задачам более сложного содержания, углубляющим изучаемый материал, устанавливающим связь его с материалом ранее пройденным и т. д. Кроме этого, при выборе вычислительных задач „надо твердо держаться правила выбирать такие задачи, в которых физический смысл не был бы затушеван математическими операциями. Все задачи, в которых основной интерес заключается не в решении конкретного физико-технического вопроса, а в составлении надуманных уравнений, в производстве математических

операций и в преодолении математических трудностей, должны быть исключены из содержания общих упражнений".[1] Для физики такие задачи, „сочиненные", по выражению Лермантова, „на предмет физики", являются бесполезными. С другой стороны, содержание решаемых задач не должно быть искусственно, должно быть реально, чтобы числовые данные в условии соответствовали реальной действительности.

При выборе „производственных" задач преподаватель не должен забывать, что основной целью решения задач по физике является не изучение какой бы то ни было техники, а уяснение и закрепление основных положений физики, с вопросами же техники учащиеся знакомятся только попутно.

Поэтому при выборе таких задач следует интересоваться не только их техническим содержанием, но всегда иметь в виду их физическое содержание, которое должно вполне соответствовать имеющимся у учащихся знаниям и навыкам.

Вычислительные задачи этого типа в большей своей части относятся к сложным физическим задачам. Отсюда, отдавая им предпочтение перед задачами отвлеченного содержания, в целом ряде случаев для уяснения функциональной зависимости между изучаемыми физическими величинами все же необходимо начинать решение не с производственных задач, а с простых примеров и задач.

„Задачи своей формулировкой и содержанием должны научить учащихся сознательному применению физики к разрешению технических вопросов."[2]

Третье требование — точность, правильность терминов и понятий в условии задачи.

В задачах часто не уточняются, как было сказано выше, термины и понятия, например: „давление" и „сила давления", „напряжение" и „напряженность". Преподаватель должен употреблять в решаемых задачах те именно термины и понятия, какие он применяет в теоретических объяснениях, а в последних он должен применять термины, соответствующие современным научным и методическим требованиям.

Четвертое требование сводится к следующему. Условие задачи, как общее правило, должно быть по возможности кратким и в то же время четко формулированным; желательно, чтобы в нем не было никаких добавочных теоретических, технических или других каких-либо объяснений, как это, например, имеется во многих задачах Неймана и Соколика. Все объяснения должны предшествовать решению известного типа задач. Исключение из этого представляют те, конечно, задачи, при помощи которых производится ознакомление учащихся с новым для них материалом. В условиях первых задач каждого типа на первый план должен выступать тот физический элемент, который в данный момент

---

[1] Соколов. Методика физики. 1936, стр. 116.

[2] Нейман и Соколик. Политехнический задачник по физике. 1932.

изучается. Это требование не распространяется на „комбинированные“ задачи и на задачи специального назначения, предлагаемые отдельным, наиболее подготовленным учащимся, в которых часто бывает полезно замаскировать нужную закономерность.

Что касается числовых данных в условии задач, то, нам думается, этот вопрос также разрешается в отдельных случаях по разному. В тех случаях, когда целью решения задач является уяснение физической сущности того или иного вопроса, овладевание выведенным законом или приобретение учащимися навыков в пользовании надлежащей системой единиц, т. е. когда решаются „тренировочные“ задачи, нет никаких оснований давать числовые данные в задачах такие, которые могли бы затруднять учащихся арифметическими расчетами, отвлекая их внимание от главного.

Поэтому специальный подбор для этих задач не „округленных“ числовых данных, что часто наблюдается в школьной практике, ничем не оправдывается. В задачах „производственного“ характера числовые данные должны соответствовать реальной действительности и, следовательно, „корни могут не извлекаться нацело“, т. е. числа могут не подбираться „нарочно“.

Наконец, последнее требование относится к физическим константам в условиях задач. В первых задачах каждого типа все константы должны приводиться в самом условии. Но, чтобы приучить учащихся к самостоятельной работе, „во многих задачах нужные для решения данные не приводятся в тексте задач, а предоставляется учащемуся самому добывать их путем собственных измерений, либо путем справок в приложенных к книге таблицах, либо, наконец, из какого-либо другого источника“.[1]

Попутно укажем на необходимость проведения с учащимися соответствующей работы для привития им навыка в пользовании таблицами. Эта работа должна заключаться не только в показе места нахождения той или иной таблицы, но и детального разбора находящихся в ней величин, их наименования, применения, конкретизации.

Несколько слов следует сказать и об ответах к задачам. Нужно ли давать учащимся ответ вместе с задачей? Нам представляется, что при решении сложных задач, а также в задачах для самостоятельного решения дома ответ к задачам может сыграть положительную роль. При наличии ответа учащиеся могут обнаружить часто встречающиеся математические ошибки. Мы не разделяем точки зрения некоторых методистов, что отсутствие ответа заставляет учащихся более вдумчиво относиться к решению задачи и что „готовый ответ при задаче стимулирует механическое решение ее, механическое применение формул без выяснения функциональной связи между величинами“.[2]

---

[1] Цингер. Задачи и вопросы по физике. 1933, стр. 6.
[2] Арефьев. „Физика в школе“. 1940, № 4.

ГЛАВА VI

РОЛЬ И МЕСТО ЗАДАЧ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ

1. Роль и место задач в различных классах и в различных отделах курса

Характер и содержание вычислительных задач по физике в значительной степени зависят от математической подготовки учащихся и потому различны на разных этапах прохождения курса физики.

Математическое и общее развитие учащихся при изучении первого концентра физики не позволяет широко использовать вычислительные задачи. Главное внимание в этих классах должно быть обращено на качественную сторону физического процесса, а не на количественные закономерности, и поэтому здесь преобладающее положение должны занимать задачи-вопросы, фиксирующие внимание учащихся как раз именно на физической стороне явления.

На большую роль задач-вопросов в первом концентре имеются, как было уже сказано выше, соответствующие указания в методической литературе, на это же указывают и современные официальные требования. (В экзаменационных билетах для VII класса за 1945/46 уч. г. из 25 билетов в 9 билетах, как типовые, указаны задачи-вопросы разного типа).

Однако было бы ошибкой признать, что в первом концентре совершенно не нужно применять задачи вычислительные, точно так же, как „на первой ступени преподавания нет основания отказаться пользоваться математической символикой там, где это окажется нужным для формулирования закона или для выражения установленной связи между величинами" (Кашин). Вычислительные задачи полезно решать и в первом концентре при изучении количественных закономерностей для их уяснения и закрепления, для знакомства и закрепления основных физических понятий, для укрепления знаний наименования единиц физических величин. Эти задачи, без сомнения, должны отличаться простотой содержания. В большинстве случаев это должны быть задачи в один, реже в два вопроса, т. е. то, что названо было выше задачами-примерами, причем в них следует пользоваться простыми, несложными числовыми данными, чтобы вычисления не затрудняли учащихся.

Всем этим требованиям в основном удовлетворяют количественные вопросы и задачи, помещенные в конце соответствующих глав в учебнике физики Фалеева и Перышкина для VI и VII классов.

Несмотря на сравнительно небольшое число изучаемых количественных закономерностей в первом концентре, все же решению численных задач должно быть отведено большое количество времени как для классной, так и для домашней работы. Дело в том, что учащиеся этих классов очень медленно приобретают навык сознательного применения изученных количественных зависи-

мостей к решению конкретных задач. Особенно трудно даются учащимся первого концентра задачи на тепловые расчеты. Необходимо предварительно уделить большое внимание выяснению и закреплению основных понятий, связанных с этими расчетами.

В старших классах средней школы „решение числовых задач составляет существенную часть прохождения физики, дает наибольшую уверенность в овладении предметом" (Ноультон, „Учебник физики"). Здесь должны применяться не только тренировочные задачи для уяснения и закрепления изучаемых законов и для развития навыков в обращении с формулами, но и задачи, расширяющие и углубляющие знания учащихся, а также самого разнообразного содержания комбинированные задачи.

При помощи соответственным образом подобранных примеров и задач в старших классах можно знакомить учащихся с новым для них физическим или техническим материалом; одновременно с демонстрированием опытов, задачами можно пользоваться при выводе соответствующих законов, например, II закона Ньютона, закона Архимеда и т. п.

Само содержание программного материала старших классов показывает, что роль и место задач в этих классах должно быть различно. Обилие количественных зависимостей, изучаемых по программе VIII класса, сравнительная бедность по многим вопросам эксперимента, обилие формул — все это заставляет в этом классе уделить особенно большое внимание решению задач и отвести этой форме работы большое место. Необходимо отметить, что в этом классе больше, чем в каком-нибудь другом, наблюдается несоответствие между математической подготовкой и потребностью в ней преподавания физики. А потому здесь особенно четко нужно выполнять следующее требование: *содержание задач и способы их решения должны строго соответствовать имеющимся у учащихся математическим знаниям и навыкам.* Так, при решении задач на равномерно-переменное движение в VIII классе в начале года необходимо ограничиться только задачами, которые решаются на основании знаний неполных квадратных уравнений, задачи на сложение движений и сил под углом необходимо решать только графически, если учащиеся не знакомы еще с понятиями $\sin \alpha$, $\cos \alpha$, $\operatorname{tg} \alpha$.

Можно сказать, что каждое количественное соотношение необходимо проработать и закрепить на решении численных задач, соблюдая постоянно постепенный переход от простых задач к более сложным.

„Ни одно определение, принцип или формула не могут считаться вполне усвоенными до тех пор, пока они не испытаны на задачах".[1]

В курсе IX и X класса, несмотря на то, что в отдельных темах вычислительные задачи почти совсем не могут быть использованы („Сжижение газов", „Электромагнетизм", „Электромагнитные

[1] *Ноультон.* Физика. 1934, стр. 17.

колебания", „Волновая природа света", „Дисперсия") — все же в целом удельный вес вычислительных задач в этих классах большой. Кроме „типовых" задач по отдельным темам, здесь много времени должно быть отведено решению не „типовых" задач более сложного содержания, а при прохождении перечисленных выше тем могут быть широко использованы задачи-вопросы и в отдельных случаях задачи-схемы, как, например:

„С одинаковым ли ускорением будет падать магнит через вертикальное отверстие катушки, обмотанной проводником, в том случае, когда проводник замкнут и когда не замкнут?"

„Почему провода телефона не следует подвешивать на одних и тех же столбах с проводами переменного тока для освещения?"

„Почему в некоторых гальванометрах для достижения скорейшего успокоения магнитной стрелки вблизи нее помещают кусок меди?"

„Как надо устроить звонковую цепь, чтобы один и тот же звонок приводился в действие нажатием кнопок, расположенных в разных комнатах?"

„Как надо устроить звонковую цепь, чтобы нажатием одной кнопки приводить в действие звонки, расположенные в различных помещениях?" и т. п.

В заключение этого параграфа нужно сказать, что трудно даже в грубом приближении дать примерную дозировку времени, отводимого на решение задач. Соотношение между теоретическим материалом и вычислительным практикумом зависит в большой мере от прорабатываемого материала.

Во всяком случае следует помнить, что тогда только можно переходить к новому типу задач, когда типовые задачи данного отдела решаются учащимися самостоятельно.

Педагогическое чутье преподавателя в каждом отдельном случае подскажет время этого перехода.

2. Роль задач в различные моменты педагогического процесса и организация работы класса

Задачи по физике при правильной постановке могут быть использованы в самые разнообразные моменты педагогического процесса. Очень часто решение задач является одним из элементов урока, „отводимого для изучения нового материала, в плане закрепления только что изученного материала и применения основных положений к частным конкретным случаям практического характера".[1]

В этом случае, несомненно, решению задач не может быть отведено много времени и упражнения в решении задач на таких уроках „являются начальной стадией в подготовке учащихся к самостоятельной работе". Вычислительные задачи для этой цели могут быть самые простые, причем в их содержании должна ярко выступать закономерность, изученная на данном уроке. Во многих случаях решение задач на таких уроках целесообразно начинать с задач-вопросов, не связанных с вычислением, и с устного решения простых примеров и задач. Дальнейшее закреп-

[1] К. Н. Елизаров. Вопросы методики преподавания и организации урока физики. 1941.

ление изученного на уроке материала достигается домашним самостоятельным решением опять-таки несложных задач.

Однако для привития учащимся навыка в решении более сложных задач, связанных с применением не одной, а нескольких закономерностей, и для выработки у учащихся более устойчивых навыков, необходимо время от времени отводить на решение задач отдельные уроки. Решение задач на этих уроках может быть как коллективное, так и индивидуальное, в форме самостоятельной работы учащихся.

Организация работы класса на этих уроках на практике часто бывает неудовлетворительна. Основным недочетом при коллективном решении задач на этих уроках является слабая активность класса в целом. Что нередко можно увидеть на таких уроках? „Ученик что-то пишет на доске, учитель за ним наблюдает, а все остальные механически списывают с доски“ (М. Ю. Пиотровский), это в лучшем случае, а в худшем — часть учащихся совсем ничего не делает. Нет сомнения в том, что такой урок является для большинства учащихся класса бесполезной потерей времени и наводит на них только скуку.

Нам представляется организация работы класса на уроке, отведенному решению задач, такой, при которой у учащихся развивались бы столь ценные качества, как критическое отношение к изучаемому, творческая инициатива и самодеятельность. Для достижения этих целей следует каждый раз чередовать коллективное решение с индивидуальной, самостоятельной работой учащихся. Первые задачи каждого нового типа, как общее правило, решаются коллективно, причем, если работа проводится с целью ознакомления учащихся с приемами решения какого-нибудь типа задач, все решение первой задачи может выполняться самим учителем. Решаемую задачу в этом случае необходимо подвергать особо тщательному разбору при активном участии всех учащихся путем постоянных вопросов, обращенных ко всему классу. По окончании решения весь анализ и подробный план всего решения задачи целесообразно воспроизвести снова. Учащиеся полностью записывают все решение в свои тетради. Следующую задачу подобного типа решает вызванный к доске учащийся, и снова каждый этап решения разбирается всем классом, а запись каждого этапа производится в отдельности. Для повышения активности класса при таком решении иногда целесообразно на отдельные этапы решения вызывать нового учащегося.

Преподаватель должен иметь в виду, что при коллективном решении, несомненно, в классе найдутся такие учащиеся, для которых решаемая на доске задача не вызывает больших трудностей, и они справятся с ее решением быстрее, чем это сделано будет на доске. Чтобы такие учащиеся не оставались без дела, преподаватель, готовясь к уроку, должен подобрать ряд дополнительных задач, написанных на отдельных листочках. Кроме этого, преподаватель должен держать в поле зрения тех учащихся, которые предпочитают механическое списывание активной

работе. Этих учащихся можно привлечь к общей работе только путем постоянных вопросов. Активность класса при коллективном решении задач в значительной степени может поддерживаться внимательным отношением преподавателя к высказываниям отдельных учащихся: он должен учитывать и оценивать проявленные учащимися знания и уменье, сообразительность, отношение к делу и т. п.

Чутко прислушиваясь к высказываниям отдельных учащихся, преподаватель должен поддерживать всякое проявление их инициативы, развивать критическое чутье; он должен использовать предложенный учащимся способ решения. Даже в тех случаях, когда ученики высказывают неверные, но свои мысли, необходимо бережно относиться к высказываниям таких учащихся, направляя мысль их на правильный путь. Во всех этих случаях от преподавателя, конечно, требуется находчивость, быстрая ориентировка, чтобы в каждый отдельный момент он мог найтись и правильно оценить и направить высказывания отдельных учащихся.

Для поддержания интереса учащихся при коллективном решении преподаватель должен использовать все приемы, так или иначе конкретизирующие содержание решаемой задачи. К числу таких приемов, кроме обычных приемов наглядности, необходимо отнести вопросы и примеры из обыденной жизни, которые по аналогии можно использовать для уяснения решаемой задачи, и всякого другого рода наводящие вопросы.

Переходя далее к организации самостоятельной работы учащихся по решению задач, следует отметить, что эта работа в классе на практике обычно проводится или в виде небольших заданий на части урока, или для этой цели отводится целый урок. Уроки самостоятельного решения задач целесообразно проводить по окончании той или иной темы для ее повторения, а также после коллективного решения известных типов задач для их закрепления. Как предлагать задание для самостоятельного решения задач? Практика решает этот вопрос по разному: одни преподаватели предлагают учащимся номера задач из учебника или задачника, другие раздают листочки с текстом задач, которыми учащиеся по выполнении могут обмениваться, и, наконец, некоторые преподаватели просто пишут текст задачи на доске. Вторая форма заданий, нам думается, является наиболее желательной, так как она лучше обеспечивает самостоятельность в работе, и на запись задания не тратится много времени. Кроме того, при такой форме задания легче обеспечить индивидуальный подход к учащимся, включив для сильных учащихся дополнительную задачу. При самостоятельном решении задач в классе учитель должен, не упуская из виду работу класса в целом, обращать особое внимание на слабых учащихся, оказывать им необходимую помощь. В некоторых случаях необходимо давать предварительно те или иные указания, чтобы учащиеся могли справиться с заданием. Во время самостоятельной работы надо избегать вмешательства в нее, пре-

доставив учащимся максимум инициативы. Каждый ученик при этой работе должен быть в поле зрения учителя, чтобы в нужный момент отдельные учащиеся могли получить соответствующую помощь и не остались совсем в стороне от работы. „Помощь учителя должна быть преимущественно порядка организационного совета, а не порядка справки, которую учащийся должен уметь находить сам. Так, например, если учащемуся трудно вспомнить нужный для решения данной задачи закон, ему можно предложить справиться по учебнику; нужную для решения задачи константу не давать, а предложить найти в таблице и т. п." (Елизаров.)

Для самостоятельной работы учащихся в классе и дома задачи используются, главным образом, для закрепления и повторения проходимого материала. С этой целью следует выбирать задачи, прежде всего посильные для всех учащихся. Задачи большей трудности можно предлагать отдельным, наиболее сильным учащимся.

В тех случаях, когда самостоятельное решение той или иной задачи затрудняет большинство учащихся класса, необходимо решить ее коллективно. То же самое необходимо делать и с нерешенными домашними задачами.

Мы задержались здесь несколько подробнее на организации работы класса при коллективном и самостоятельном решении задач потому, что она, как показывают наблюдения, не всегда проводится удачно на практике и вызывает большие трудности у начинающих преподавателей.

Не останавливаясь далее на роли задач в таких важных моментах педагогического процесса, как повторение пройденного и учет знаний и навыков учащихся (эти вопросы будут разобраны отдельно в следующих параграфах), остановимся в нескольких словах еще на роли задач во внеклассной работе. В числе различных видов работ, какие могут быть использованы для внеклассных занятий учащихся по физике, немаловажную роль могут сыграть и задачи. Здесь особенную ценность могут представлять разного рода экспериментальные задачи, например, такого типа, как „живые задачи" Зибера.[1]

Такими экспериментальными задачами можно занять с большим интересом учащихся, особенно любителей эксперимента. С другой стороны, для внеклассных занятий могут быть использованы задачи, содержащие элементы изобретательства, для особых любителей — задачи, требующие для своего решения особой работы аналитической мысли.

Наконец, можно указать еще на использование задач в работе с отличниками и с отстающими.

Вопрос о работе с отличниками по каждому предмету, настойчиво выдвигаемый в настоящее время передовой педагогической мыслью, является вопросом новым и практически чрезвычайно сложным. Не разрешая этого сложного вопроса, требующего спе-

[1] Зибер. Живые задачи по физике. Методические искания. Вып. I. Зибер. Приключения юных электриков. 1931.

циального изучения, все же можно рекомендовать для этой цели использование комбинированных задач, богатых физическим и техническим содержанием.

При работе с отстающими типовые задачи по каждому отделу помогут учащимся уяснить и закрепить основные закономерности и физические понятия.

3. Роль задач при повторении пройденного

Хорошо подобранные задачи могут сыграть в деле повторения исключительную роль и, таким образом, окажут преподавателю неоценимую услугу.

Прежде всего решение соответствующих задач поможет учащимся установить связь изучаемого материала с пройденным ранее, что будет способствовать более глубокому уяснению и закреплению знаний учащихся. Естественно, что эти задачи должны быть комбинированными и должны заключать данные, относящиеся к разным отделам курса. Эти задачи относятся к типу сложных задач, а потому они не могут широко применяться в VI и VII классах. В старших же классах комбинированные задачи с успехом могут быть использованы при прохождении большинства отделов курса.

Решение этих задач в классе и самостоятельно учащимися дома, как показывает практика, является одной из эффективнейших и наиболее экономичных по времени форм повторения.

Кроме того, при решении этих задач само собою выполняется одно из основных требований правильной организации повторения. Это требование заключается в том, что повторять следует не детали и частные подробности, а только основные, узловые отделы курса. В комбинированных задачах повторяемые закономерности встречаются в новых для учащихся „комбинациях", что не только способствует более глубокому усвоению и закреплению физических понятий и закономерностей, но через „элемент новизны" вносится в повторение некоторое оживление и повышается интерес учащихся к предмету. Следует отметить, что в деле повторения, кроме комбинированных задач, большую роль могут иметь устные упражнения и задачи-вопросы. Применение устных упражнений дает возможность преподавателю много раз и часто фиксировать внимание учащихся на особо трудных для усвоения вопросах курса и таким путем добиваться их полного усвоения.

Остановимся теперь на некоторых конкретных примерах использования комбинированных задач в отдельных классах.

В VI классе простейшие комбинированные задачи могут быть применены при закреплении знания закона Архимеда. К таким задачам здесь можно отнести задачи типа № 13, 19, 22 (Фалеев и Перышкин. Физика. Ч. 1, гл. III) или задачи на расчет подъемной силы плота, дирижабля и др. Например:

„Какой подъемной силой обладает плот, сделанный из 20 бревен объемом по 0,8 $м^3$ каждое, если удельный вес дерева 0,7 $\frac{Г}{см^3}$?"

При решении такого типа задач повторяются основные вопросы, связанные с удельным весом. С целью повторения тех же вопросов и вопросов, связанных с давлением в теме „Работа и энергия", целесообразно решение комбинированных задач типа № 9, 13, 14 (там же, гл. VI) или такого типа задачи:

„Какая работа производится подъемным краном при подъеме железной балки длиною 5 *м* и сечением 50 $см^2$ на высоту 20 *м*?"

В VII классе область применения таких задач может быть расширена. Так, при прохождении темы: „Превращение тепловой энергии в механическую" на задачах могут быть повторены вопросы измерения теплоты, калорийности топлива, коэффициент полезного действия. Сюда следует отнести, например, задачи: № 479, 480, 481, 489, 490, 495 (Фалеев и Перышкин. Задачник по физике). Указанные задачи для учащихся VII классов являются трудными, а потому часть из них нужно разобрать коллективно в классе.

В теме „Работа и мощность электрического тока" решение задач такого типа, как задачи № 686, 694 (Фалеев и Перышкин, Задачник), дает возможность повторить основные механические понятия курса VI класса.

Далее, при прохождении закона Джоуля и Ленца на задачах могут быть повторены следующие вопросы: расчет количества теплоты, затраченного на нагревание воды и других веществ, расчет сопротивления проводников, закон Ома и некоторые другие. С этой целью могут быть заданы задачи № 643, 646, 647, 650, 651, 660, 662, 663 из того же задачника.

В VIII классе комбинированные задачи дают возможность повторить все основные разделы курса. Например, при решении задач по теме „Механическая энергия" повторяются и закрепляются основные закономерности равномерно переменного движения, законы Ньютона, законы свободного падения и движения тела, брошенного вертикально вверх. Такими задачами будут, например, № 540, 539, 541, 543, 578 и др. (Задачник по физике под ред. Демидова).

При решении комбинированных задач в теме „Статика" повторяются основные вопросы динамики. К такого типа задачам можно отнести следующие: № 410, 422, 426, 427, 428, 443, 537, 541 и др. (там же).

Наконец, в теме „Гидростатика" некоторые комбинированные задачи могут быть использованы при ознакомлении учащихся с работой гидравлического пресса (Демидов, № 103, 104) и с законом Архимеда.

В качестве примера комбинированной задачи, при решении которой применяется закон Архимеда, с одной стороны, и законы кинематики и динамики, с другой — приведем такие задачи.

„Масса аэростата 200 *кГ*, а его объем 200 $м^3$. Определить работу подъемной силы в течение первых 10 сек. поднятия, считая силу постоянной. (Уд. вес воздуха $d = 0{,}00129 \frac{Г}{см^3}$)?"[1]

[1] В. Тумасов. Сборник задач и вопросов по физике. 1914.

„Определить работу при подъеме камня, имеющего массу 60 *кг* и объем 0,03 $м^3$, на высоту 3 *м* под водой".

„С каким ускорением падает тело, изготовленное из вещества с плотностью $D = 7{,}8 \frac{г}{см^3}$, в жидкости, плотность которой $D_1 = 1{,}1 \frac{г}{см^3}$? Жидкость считать невязкой."

Относительно этих задач необходимо сделать такое замечание: они по содержанию хотя и являются несколько искусственными, но зато при их решении привлекается обширный круг физических вопросов в новой для учащихся интерпретации, поэтому их решение не лишено смысла и может быть применено с большой пользой для рассматриваемой нами цели — повторения пройденного.

Остановимся теперь на использовании комбинированных задач в курсе IX класса.

Многие из этих задач позволяют не только увязать материал разных отделов курса этого класса, но и связать его с материалом предыдущего года. При изучении законов колебания маятника в качестве таких задач можно указать задачи типа № 633, 634 (Задачник Демидова). Сюда же следует отнести большинство задач того же задачника из отдела „Механический эквивалент теплоты", например, № 217, 218, 220, 222, 223, 227, 235, 571, 574 и др. Решение перечисленных задач не только закрепляет текущий материал по теплоте, но дает возможность повторить некоторые основные вопросы механики. В теме „Переход тел из одного агрегатного состояния в другое" к такого рода задачам можно отнести следующие: № 296, 304, 305, 572 и др. (Задачник Демидова).

Кроме указанных здесь задач, в этом классе могут применяться и такие комбинированные задачи, решение которых позволит объединить и повторить основные вопросы отдельных тем курса.

Вот некоторые примеры таких задач:

1. „Вычислить работу, эквивалентную теплоте, расходуемой на нагревание 1 $м^3$ воздуха на столько градусов, чтобы объем его, при неизменном давлении, удвоился.

Удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении равна $0{,}24 \frac{кал}{г.град}$."

2. „В колбе находится вода при 0°. Выкачивая из колбы воздух, замораживают всю воду посредством собственного испарения. Какая часть воды при этом испарилась, если притока тепла извне нет?

(Удельная теплота испарения при 0° равна $607 \frac{кал}{г}$)".

3. „Воздух, насыщенный водяным паром, имеет упругость 76 *см* рт. ст. Когда его объем уменьшили втрое и температура установилась прежняя, упругость стала 220 *см* рт. ст. Определить упругость и температуру пара".

Комбинированные задачи можно было бы указать и по другим отделам курса IX класса, но и приведенных примеров достаточно для того, чтобы судить, что решение подобного рода задач может помочь учащимся уяснить и закрепить проходимый программный

материал, а также повторить целый ряд основных положений и закономерностей, пройденных раньше.

Далее остановимся на комбинированных задачах в курсе X класса. При прохождении первой темы этого курса „Электрическое поле" можно указать следующие комбинированного характера задачи из того же задачника: № 908, 914, 915, 917, 918, 1143. Эти задачи увязывают вопросы данной темы с некоторыми вопросами механики.

С этой же целью здесь могут быть решены задачи такого типа:

1. „Заряд в 32 эл.-стат. ед. количества электричества (+) находится на теле, масса которого 0,2 *г*. С какой скоростью тело придет в бесконечность, если оно сперва находилось в точке, потенциал которой + 6000 V?"[1]

2. „Тело весом 0,1 *Г*, несущее заряд 2 эл.-стат. ед. количества электричества, двигаясь в поле напряженности 150 V *см*, приобрело скорость 12 $\frac{см}{сек}$. Какое расстояние прошло тело в электрическом поле?" и др.

Необходимо отметить, что по данной теме в задачнике Демидова приведено недостаточное количество задач, а между тем теоретический материал этой темы требует для уяснения и закрепления решить достаточное количество тренировочных и комбинированных задач.

Подходящие примеры и задачи по этой теме преподаватель может в достаточном количестве найти в задачниках А. В. Цингера, Э. П. Халфина, в „Общей физике" Ф. А. Сондерса и др.

Можно указать здесь и такого рода задачи, которые дают возможность объединить основные вопросы данной темы и тем самым повторить ее в целом. В качестве примера этого типа задач приведем такие две задачи:

1. „Два заряженных шара с радиусами $r_1 = 2$ *см* и $r_2 = 3$ *см* удаляются после соприкосновения на расстояние 15 *см* между их центрами и отталкиваются с силою 400 *дн*. Определить потенциалы шаров и количество электричества на них после соприкосновения".

2. „Два металлических шарика с радиусами $r_1 = 5$ *см* и $r_2 = 2$ *см* имеют заряды $q_1 = 45$ CGSE и $q_2 = -10$ CGSE. Их соединили тонкой проволокой. Определить:
а) количество электричества на каждом шарике после их соединения;
б) их общий потенциал;
в) количество электричества, протекшее по проволоке;
г) общую электрическую энергию шаров до и после соприкосновения".

Обе приведенные задачи, являясь по содержанию несколько искусственными, все же ценны в смысле объединения и закрепления основных понятий данной темы, а потому решение подобного рода задач после прохождения всей темы будет небесполезно.

Перейдем далее к следующей теме „Законы постоянного тока". Здесь можно указать целый ряд задач, содержание которых увязывает материал с вопросами других классов, например, задачи № 686, 687, 688, 775, 777, 779, 780, 781, 790 и др. (Демидов.)

В последующих темах X класса комбинированные задачи не могут иметь широкого применения. Укажем только, что решение

[1] Э. П. Халфин. Задачник по физике. 1932.

задач, помещенных в § 36 задачника Демидова, поможет повторить основные законы и понятия постоянного тока.

Точно так же с этими вопросами увязывает тему „Проводимость жидкостей“ решение задач № 946, 949, 950 и т. п. (Там же.)

В целях повторения курса физики в целом, в конце года в X классе могут быть использованы очень многие задачи, помещенные в повторительном отделе задачника Демидова. Укажем некоторые из них: № 1136, 1137, 1139, 1148, 1149, 1152, 1156, 1157. В это же время могут быть решены также задачи из отдела „Токи в газах“ № 973, 974, 975.

Итак, умело подобранные комбинированные задачи будут служить не только целям повторения и закрепления знаний и навыков учащихся, но и сыграют решающую роль в обобщении и объединении знаний, полученных ими из разных отделов курса физики.

Отсюда ясно, что каждый учитель должен тщательно подбирать комбинированные задачи. Несомненно, этот подбор определяется не только особенностями работы каждого учителя, но и особенностями каждого отдельного класса, потому и не может быть дан извне, а должен быть произведен самим учителем.

4. Роль задач при текущем и периодическом учете знаний и навыков учащихся

Учет работы учащихся составляет одну из главных сторон деятельности преподавателя и вместе с тем одну из самых трудных.[1]

„Под учетом знаний и навыков учащихся мы понимаем накопленные учителем в процессе проверки и наблюдения над всей работой учащихся все те данные, которые дают представление о знаниях и навыках каждого ученика класса“.[2]

При учете знаний учащихся следует всегда помнить, что „какие бы формы учета ни практиковались, необходимо стремиться к выработке наиболее рациональных способов учета, которые давали бы возможность не только контролировать работу, но и улучшать ее“.[3]

Задачи в этом отношении дают чрезвычайно много. В текущем учете при опросе отдельного учащегося с вызовом к доске ему обычно, кроме теоретических вопросов, предлагается для самостоятельного решения задача либо по материалу изучаемой темы, либо типовая комбинированная задача. Эти задачи, решаемые отдельными учащимися у доски с привлечением всего класса, позволяют объективнее, чем каким-нибудь другим способом, выявить не только формальные знания учащихся, но и сознатель-

---

[1] Де Метц. Общая методика физики.

[2] Елизаров. Вопросы методики преподавания и организации урока физики. 1941, стр. 161.

[3] Знаменский и др. Методика преподавания физики в средней школе, 1938, стр. 132.

ность усвоения материала, уменье учащихся применять изученные закономерности на практике, уменье разбираться в физических величинах и их единицах и т. п. Проверка задач, решаемых учащимися дома, позволяет преподавателю судить, с одной стороны, об усвоении того или другого материала классом в целом, с другой стороны, об уменьи отдельных учащихся работать самостоятельно. Как общее правило, эти задачи должны закреплять материал, проходимый в классе, а следовательно, они не должны быть большой трудности.

Кроме такого рода задач, в отдельных случаях необходимо предлагать учащимся для самостоятельной работы дома типовые комбинированные задачи для повторения и объединения пройденного материала, причем предварительно задачу такого типа следует, как уже отмечалось, решить коллективно в классе. Задачи, самостоятельно решенные дома, должны тщательно проверяться в классе. Способ проверки здесь может быть, примерно, следующий: отдельный ученик с места объясняет решение той или иной задачи: если при проверке выясняется, что какая-нибудь задача не решена значительной частью учащихся или вызвала затруднение у большинства, то такую задачу непременно нужно решить в классе, выявив при этом причину затруднения. Постоянная систематическая проверка и наблюдение за выполнением домашних заданий, индивидуализация этих заданий, наблюдение за самостоятельным решением задач в классе — все это дает преподавателю богатый материал для учета знаний и навыков учащихся. На практике приходится встречаться с явлением списывания домашних заданий. Необходимо выявить учащихся, невыполняющих самостоятельно домашних заданий, и путем постоянного наблюдения изжить это явление. Полезно каждому учащемуся, а особенно тем, которые работают не самостоятельно, задавать отдельные задачи как для домашней, так и для классной работы.

Перейдем теперь к роли задач в периодическом учете.

Периодический учет обычно проводится в письменной форме, в форме письменных контрольных работ.

Эти контрольные работы должны выполнять не только роль проверки и учета знаний и навыков учащихся, но должны в то же время „служить стимулом к серьезной работе учащихся по усвоению нового материала и повторению старого". Кроме этого, контрольная работа является одним из средств проверки работы самого преподавателя. Выполнение контрольной работы учащимися может показать, какие вопросы недостаточно освещены преподавателем, какие ошибки были допущены в организации занятий и т. д.

Чтобы контрольные работы могли выполнять указанные цели, они должны проводиться планово, учащиеся должны знать о них заблаговременно и знать при этом те темы, которые будут охвачены этими работами.

Само содержание этих контрольных работ и организация их

проведения должны способствовать выполнению ими своего назначения. Главное содержание таких работ в большинстве случаев могут составлять разного рода вычислительные задачи. Эти задачи не должны быть особенно сложными и должны охватывать все основные закономерности данного раздела курса физики.

Математические операции при решении этих задач не должны вызывать у учащихся больших трудностей, так как эти трудности, являясь часто главной причиной неудовлетворительного выполнения работы отдельными учащимися, не дают возможности преподавателю сделать правильные выводы о состоянии знаний учащихся по физике.

Кроме вычислительных задач, в такого рода контрольные работы обычно включаются задачи-вопросы и вопросы теоретического характера. Относительно последних необходимо сделать некоторые замечания. Нам думается, что для того, чтобы контрольная работа могла показать глубину и сознательность усвоения учащимися того или иного материала, она не должна содержать в себе теоретических вопросов формального характера (что называется калорией, что такое механический эквивалент теплоты, что называется силой тока, какими единицами измеряется емкость и т. д.), т. е. таких вопросов, на которые учащиеся могут ответить готовым определением или формулировкой, взятой из учебника, тетради или по памяти. Правильные ответы на такого рода вопросы даже при полной самостоятельности в выполнении контрольной работы не дают никакого основания для суждения о глубине и сознательности знаний учащихся. Такого рода вопросы с успехом могут задаваться на обычных уроках, в качестве дополнительных. Вместо таких вопросов, в контрольные работы, как нам представляется, можно с большим успехом вводить другого рода теоретические вопросы, ответы на которые или раскрывают сущность того или иного физического понятия, конкретизируют это понятие, или выясняют функциональную зависимость между физическими величинами.

Организация проведения контрольных работ прежде всего должна обеспечивать самостоятельное их выполнение отдельными учащимися.

Чтобы добиться полной самостоятельности в выполнении контрольных работ, следует предлагать классу не два варианта, как часто это делается на практике, а по возможности больше.

Необходимо отметить, что составление текстов контрольных работ требует от каждого преподавателя большого внимания, а подбор задач — и большой работы. Особенно много работы приходится проделывать начинающим преподавателям, так как в дальнейшем в течение своей работы год за годом каждый преподаватель подбирает нужные задачи из литературы и составляет сам. Некоторые учителя, не желая проделывать трудоемкой работы по составлению и размножению разных вариантов, идут по линии наименьшего сопротивления и ограничиваются двумя вариантами текстов контрольных работ. Другие преподаватели

практикуют прием, который достоин заимствования: „По теме контрольной работы заблаговременно подбирается 4—5 комплектов задач, в каждом комплекте 2—3 задачи разного типа. Типы задач в комплектах могут повторяться, но условия задач должны быть различны. Затем для каждого комплекта разрабатывается несколько вариантов, в зависимости от количества учащихся в классе. Разработка состоит в частичном изменении условий задач и обязательно в изменении численного значения величин" (Елизаров).

Составленные таким путем варианты (числом иногда до 10) размножаются переписыванием на отдельные листы, чернилами, а в лучшем случае — на пишущей машинке. (Автор этих строк обычно предлагает для контрольной работы от 6 до 10 вариантов и этим, как показывают наблюдения, вполне обеспечивается самостоятельное выполнение контрольных работ). Проверку контрольной работы следует производить сразу же после ее проведения, чтобы на одном из ближайших уроков произвести разбор ее в классе.

Самая проверка контрольных работ не вызывает особых замечаний. Она должна быть серьезной, требовательной и справедливой. В контрольной работе каждого учащегося преподаватель подчеркивает все замеченные ошибки как физические и математические, так и орфографические. Для обозначения характера этих ошибок можно пользоваться, как это делают многие преподаватели, разными символическими знаками (мало существенные ошибки подчеркиваются одной горизонтальной чертой, короткой или длинной, грубые ошибки — двумя чертами и т. д.).

По отдельным ошибкам и по всей работе в целом в конце работы полезно писать соответствующие замечания, рецензии.

При разборе контрольной работы обращается внимание, прежде всего, на общие ошибки, допущенные многими учащимися, и разъясняются существенные ошибки отдельных учащихся. После такого разбора контрольные работы раздаются учащимся, чтобы они не только ознакомились с допущенными ошибками, но и исправили их, после чего контрольные работы возвращаются преподавателю, который и сохраняет их. Контрольные работы обычно на практике выполняются на отдельных листах бумаги. Однако, если представляется возможным, целесообразно, как это делают отдельные преподаватели, для контрольных работ завести отдельные тетради, которые сохраняются в кабинете.

„Каждую данную проверочную работу, помимо оценки представленных учащимися работ, полезно подвергать изучению, с точки зрения качества данных задач—правильности их формулировок, подбора чисел, соответствия их уровню знания и развития учащихся и достаточной предварительной подготовки учащихся к решению заданного вопроса". „Подобная многолетняя критика задач позволит с каждым годом повышать их качество и приближать их к тому, чтобы они точнее отражали уровень знаний и степень навыков учащихся".[1]

[1] Соколов. Методика физики. Изд. 2-е, стр. 133.

Мы привели это указание проф. И. И. Соколова потому, что считаем его чрезвычайно важным. Чтобы преподаватель мог иметь полную картину состояния знаний учащихся по данному отделу курса, он должен подвергнуть тщательному анализу проведенную контрольную работу. Этот анализ заключается не только в подсчете качества оценок и общего числа допущенных ошибок, но и в классификации этих ошибок. Классификация ошибок, допущенных учащимися, позволяет преподавателю установить, какие вопросы данного отдела усвоены всеми учащимися, какие вопросы отдела оказались более трудными, какая формулировка или вопрос контрольной работы оказался неудачным и т. д.

В качестве примера приведем несколько текстов контрольных работ по физике для разных классов, главное содержание которых составляют вычислительные задачи.

В VI классе за первое полугодие можно предложить, примерно, такую контрольную работу:

1. 2 *дм*³ сухого дерева весят 900 *Г*. Найти уд. вес этого дерева.

2. Ящик, дно которого 500 *см*², весит 0,25 *Т*. Вычислить давление ящика на пол.

3. В воду погружен шар объемом в 100 *см*³. С какой силой действует вода на этот шар?

4. Камень объемом 5,5 *дм*³ весит 15 *кГ*. Какая сила требуется, чтобы удержать его, когда он целиком находится в воде?

В VII классе по теме „Электрический ток“:

1. По проводнику в течение 5 мин. шел ток силою в 0,5 ампера. Какое количество электричества прошло за это время через поперечное сечение проводника?

2. Реостат сделан из никелиновой проволоки длиною в 15 *м* и площадью поперечного сечения в 1 *мм*². Найти силу тока в реостате, если напряжение на его зажимах равно 18 *в* (удельное сопротивление никелина равно $0{,}4\ \frac{ом\ мм^2}{м}$).

3. Начертить схему электрической цепи, состоящей из батареи элементов, переменного сопротивления (реостата), лампочки, выключателя, амперметра и вольтметра, измеряющего напряжение на зажимах лампочки.

4. Что значит „удельное сопротивление железа = 0,1“?

5. Объяснить, где больше напряжение: между концами данного проводника или между одним из его концов и его серединой.

В VIII классе: I. По теме „Механическое движение“.

1. Через 1 мин. после отхода от станции поезд приобрел скорость $32{,}4\ \frac{км}{час}$. Найти ускорение движения поезда и пройденный путь за 1 мин. от начала движения.

2. Автомобиль перед началом торможения имел скорость $54\ \frac{км}{час}$. Какую скорость будет иметь он через 0,5 мин. после торможения, если отрицательное ускорение движения $0{,}4\ \frac{м}{сек^2}$? Какой путь пройдет автомобиль за то же время?

3. Что значит отрицательное ускорение движения автомобиля $0{,}4\ \frac{м}{сек^2}$?

4. Как прочитать и как понимать уравнение $s = \frac{at^2}{2}$?

5. Автомобиль идет со средней скоростью $30\ \frac{км}{час}$. Как это понимать?

II. На тему „Законы Ньютона".

1. Чему равна масса тела, если сила 2 $кГ$ сообщает ему ускорение $20 \frac{см}{сек^2}$?

2. Снаряд весом в 5 $кГ$ вылетает из дула орудия со скоростью $800 \frac{м}{сек}$. Продолжительность выстрела 0,01 сек. Определить силу давления пороховых газов, предполагая ее постоянной, и скорость отдачи орудия, если вес орудия 2000 $кГ$.

3. Определить массу и вес тела, которое под действием силы в 0,5 $кГ$ в течение 20 сек. приобрело скорость $2 \frac{м}{сек}$.

4. Масса одного тела больше массы другого тела в 100 раз. Какую скорость получает при взаимодействии первое тело, если скорость второго тела равна $200 \frac{м}{сек}$?

5. При каком условии движение поезда будет ускоренным, замедленным, равномерным?

III. На тему „Механическая работа и энергия".

1. При подъеме груза на высоту 16 $м$ в течение 4 мин. было произведено 180 000 $кГм$ работы. Определить мощность подъемника и вес поднимаемого груза, если к. п. д. подъемника равен 0,8.

2. Шар весом в 5 $кГ$ после удара по нему молотком прокатился по гладкому льду на расстоянии 200 $м$. Коэффициент трения при этом движении равен 0,02. Определить кинетическую энергию шара в начальный момент.

3. Кинетическая энергия камня, брошенного вертикально вверх, на высоте 10 $м$ равна 24 $кГм$. До какой высоты может подняться камень, если его вес равен 800 $Г$? (Сопротивление воздуха не учитывается.)

4. На одной и той же высоте находятся кусок меди и кусок свинца равного объема. У какого тела потенциальная энергия больше и почему?

5. Вывести соотношение между килоджоулем и эргом.

IV. По теме „Статика".

1. Разложить силу в 20 $кГ$ на горизонтальную и вертикальную составляющие, если она с горизонтальным направлением составляет угол в 60°.

2. На балке длиною в 6 $м$ висит груз 600 $кГ$ на расстоянии 2 $м$ от правой опоры. Вес самой балки равен 200 $кГ$. Найти давление на обе опоры балки.

3. К одному концу тяжелого стержня длиною в 6 $м$ подвешен груз в 24 $кГ$. Стержень подперт в точке, отстоящей от другого конца на 5 $м$, и таким образом уравновешивается. Определить вес стержня.

4. Поезд весом в 500 $Т$ поднимается равномерно со скоростью $12 \frac{м}{сек}$ на подъем 0,005. Коэффициент трения равен 0,002. Определить мощность, затрачиваемую паровозом на этот подъем (принять силу давления равной весу поезда).

Для IX класса приведем только два примера контрольных работ.

I. По теме „Колебательное движение и звук".

1. В каком положении находится маятник, когда он обладает: а) наибольшей кинетической энергией; б) наибольшей потенциальной энергией и почему?

2. Определить длину звуковой волны в воздухе при 0° от камертона, колеблющегося с частотой 128 герц.

3. Найти период колебания маятника длиною в 10 $м$.

4. Что изменяется при изменении: а) высоты звука; б) силы звука?

5. Что значит: длина звуковой волны равна 1,5 $м$?

6. Один маятник совершает 200 качаний в минуту, другой 300. Найти отношение их длин.

II. По теме „Газовые законы".

1. Комнатный воздух при давлении 750 *мм* рт. ст. и температуре 15° имеет плотность 0,0012 $\frac{г}{см^3}$. Найти плотность его при нормальных условиях.

2. В цилиндрическом сосуде с хорошо пригнанным поршнем находится воздух, объем которого равен 5 *л*. Какой груз надо положить на поршень, чтобы объем воздуха уменьшился вдвое? Площадь поршня 100 $см^2$. Весом поршня можно пренебречь, а атмосферное давление во время опыта нормальное.

3. Какой объем будет занимать водород при температуре 27° и давлении 750 *мм* рт. ст., если при нормальных условиях его объем равен 3 *л*?

4. Два различных по величине сосуда с воздухом одинакового давления и температуры закупорены и подвергнуты нагреванию в парах кипящей воды. В каком из этих сосудов будет больше давление?

5. Чему равен термический коэффициент упругости водорода?

В X классе:

I. По теме „Электрическое поле".

1. Два маленьких изолированных одинаковых проводящих шарика заряжены соответственно +5 и —17 эл.-ст. ед. заряда. Им дали прикоснуться друг к другу, после чего они разошлись на расстояние 4 *см* между их центрами. Определить силу взаимодействия между ними в этом положении.

2. Чему равна разность потенциалов двух точек электрического поля, если при перемещении заряда в 10^{-4} кулона из одной точки в другую совершается работа в $1{,}8 \cdot 10^6$ эрга?

3. Чему равен потенциал проводника, емкость которого равна 1 800 *см*, а заряд 10^{-5} кулона?

4. Определить емкость плоского конденсатора, площадь каждой из обкладок которого равна 1 570 *см*, толщина диэлектрика 5 *мм*, а диэлектрическая постоянная —4?

5. Что значит „потенциал точки поля равен 5 V"?

6. Вывести соотношение между вольтом и электростатической единицей потенциала.

II. На „Законы постоянного тока".

1. В электрическом чайнике каждую секунду выделяется 52,8 *кал* тепла. Сопротивление чайника 55 *ом*. Определить силу тока, напряжение и мощность, потребляемую чайником.

2. Разность потенциалов в сети 120 V. Сопротивление каждой из двух лампочек накаливания 400 *ом*. Найти силу тока в каждой лампочке при последовательном и параллельном их включении.

3. Каково должно быть сопротивление внешней цепи, чтобы при э. д. с. элемента в 1,8 V и внутреннем сопротивлении 0,5 ома напряжение на зажимах элемента было равно 1,35 V?

4. Из проволоки с сопротивлением 1,4 ома на 1 *м* требуется сделать грелку, которая при напряжении 110 V в 5 мин. нагревала бы 200 *г* воды от 10° до 100° при к. п. д. 80%. Какой длины надо взять для этого проволоку?

5. Сколько времени работал электрический паяльник, если при силе тока в 1,5 A через него прошло 900 C электричества?

III. По геометрической оптике.

1. Оптическая сила линзы 4 диоптрии. Где и какое получится изображение предмета, находящегося на расстоянии 75 *см* от линзы? Чему равно увеличение? (Сделать соответствующее построение.)

2. Луч идет из воды в воздух, падая на поверхность под углом 60°. Выйдет ли он из воды и почему?

3. Луч падает перпендикулярно на грань (катет) равнобедренной прямоугольной стеклянной призмы. Начертить дальнейший ход луча.

4. Построить изображение предмета в выпуклом зеркале.

5. Чему равна освещенность поверхности в 2 $м^2$, если на нее падает световой поток в 10 *лм*?

6. Найти скорость света в стекле, показатель преломления которого равен 1,5.

7. Вогнутое зеркало дает изображение в 3 раза больше предмета. Расстояние предмета от зеркала на 40 *см* меньше, чем расстояние изображения от зеркала. Найти главное фокусное расстояние зеркала. (Сделать соответствующий чертеж).

Все приведенные здесь тексты контрольных работ рассчитаны на 1 час и даны только как некоторая иллюстрация высказанных выше мыслей относительно применения задач в контрольных работах.

Необходимо отметить, что, кроме рассмотренного нами вида контрольных работ, могут быть, конечно, и такие контрольные работы, в которых будет преобладать теория, а не задачи, работы, так сказать, „литературного характера". Не останавливаясь детально на этом виде контрольных работ, мы отметим только, что содержание их может быть самое разнообразное: описание того или иного основного физического опыта, того или иного физического процесса или явления, детальное изложение того или иного физического закона и его применения и т. д.

Могут быть и такие контрольные работы, целью которых является проверка какого-нибудь специфического навыка, например: вычерчивание схем, построение графиков, проведение опыта и т. п. Наконец, надо упомянуть о так называемых „летучих" контрольных работах, которые не планируются заранее, а потребность в них вызывается самой текущей работой. Такого рода контрольные работы предлагаются в том случае, когда необходимо проверить усвоение какого-нибудь одного основного программного вопроса, а между тем время не позволяет произвести подобную проверку путем индивидуального или общего опроса. Такие работы даются от случая к случаю и на них отводится мало времени (начало или конец урока).

В заключение необходимо отметить, что характер контрольной работы определяется самим преподавателем, и для каждого будет более приемлем тот текст контрольной работы, который он сам составит с учетом всех местных условий.

ГЛАВА VII

СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Разнообразие задач по физике как по содержанию и характеру, так и по степени трудности, предусматривает различные способы и приемы их решения. Часто задачи даже одного и того же типа требуют для своего решения различного подхода. Выбор того или иного способа решения в отдельных случаях определяется не только содержанием и характером самих задач, но и местом их в курсе физики, а также имеющимися у учащихся знаниями и навыками.

Само собою разумеется, что при решении любых задач по физике нельзя обойтись без основных приемов логического мышления — анализа или синтеза.

Вот почему обычно указываются два пути решения задач по физике — аналитический и синтетический, причем оба эти пути „одинаково законны“ и с одинаковым успехом могут применяться при решении задач.

Мало того, при решении задачи обычно оба логических метода применяются одновременно. Это объединение анализа и синтеза и является по существу наилучшим способом решения поставленной проблемы. Можно даже утверждать, что „чисто-аналитического“ и „чисто-синтетического“ методов решения задач не бывает, так как в процессе мышления синтез и анализ неразделимы.

В общем преподаватель всегда должен помнить, что в процессе познания „индукция и дедукция связаны между собой столь же необходимым образом, как синтез и анализ. Вместо того, чтобы превозносить одну из них до небес за счет другой, лучше стараться применять каждую на своем месте, а этого можно добиться лишь в том случае, если иметь в виду их связь между собой, их взаимное дополнение друг другом“.[1]

Следует, однако, заметить, что решающее значение эти методы логического мышления имеют при решении сложных многоформульных задач. В этом случае применение одного из этих методов определяет самый характер решения задачи. Вот почему применение аналитического пути к решению сложных задач мы рассматриваем ниже как аналитический способ, а применение синтетического пути — как синтетический способ решения задач.

„При синтетическом методе решения задач есть, конечно, и элементы анализа, как и при аналитическом методе есть элементы синтеза, но анализ в первом случае проходит какие-то подсознательные, трудно уловимые этапы“.[2]

Прежде чем перейти далее к детальному рассмотрению различных способов и приемов решения задач по физике, не лишне сделать еще некоторые предварительные замечания.

Рассматриваемые в этой главе способы и приемы решения задач даны не в порядке их классификации, а в порядке их практического применения и детального изложения вопроса. Мы начинаем изложение содержания главы с основного способа решения задач по физике в первом концентре преподавания физики (VI и VII классы) — с арифметического способа. Во втором концентре основным способом будет алгебраический способ, который мы рассматриваем в применении к простым задачам как „решение задач по готовой формуле“ и в применении к сложным, многовопросным задачам как „аналитический и синтетический способы решения задач“.

Кроме этих основных способов решения, в отдельных случаях могут иметь решающее значение графический или геометрический

---

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., том XIV, стр. 431.

[2] Арефьев. „Физика в школе“, 1940, № 4.

приемы, которые мы также рассматриваем как отдельные способы решения.

Наконец, решение задач по физике может производиться не только письменно, но и устно.

После этих предварительных замечаний можно перейти к детальному рассмотрению каждого из перечисленных способов.

1. Арифметический способ

Арифметический способ состоит в постепенном решении задачи по вопросам, без всякого применения формул, по свободному соображению. Учащиеся VI и VII классов с большим трудом и медленно усваивают физическую закономерность, выражаемую той или иной формулой, а потому решение задач без формул, путем только рассуждений, поможет им уяснить эти закономерности и перейти в дальнейшем к сознательному пользованию соответствующими формулами. Арифметический способ решения „несомненно углубляет понимание физических отношений и обеспечивает от недоразумений с мерами, т. е. от наиболее частых ошибок у малоопытных вычислителей“.[1]

При арифметическом способе решения задач учащиеся должны больше, чем при каком-либо другом, не только вычислять, но еще и рассуждать.

Этот способ решения простейших задач должен „предшествовать установлению определенных физических формул, должен быть базой для понимания физического смысла этих формул“.[2]

Обычно на практике преподаватели VI и VII классов уделяют мало внимания этому способу решения, не приучают учащихся рассуждать, рано переходят к формуле и у учащихся вырабатывается привычка к формальному решению. Только после решения целого ряда конкретных примеров и задач можно давать формулу в этих классах. Ученик, получив сразу формулу, не будет уже рассуждать, а будет только механически подставлять в эту формулу численные значения величин. Прежде чем давать формулу, надо заставить учащихся осознать изучаемое понятие, определение или закономерность. Это замечание относится не только к учащимся VI и VII классов, но и старших классов.

Для иллюстрации этого способа приведем решение нескольких задач из курса VI и VII классов.

Начнем с такой простой задачи-примера:

Задача. „Сколько весит железная болванка объемом в 20 *дм*^{3}?“

Решение этой задачи в VI классе можно проводить так:

Чему равен удельный вес железа? (Значение берется из таблицы.) Сколько весит 1 *дм*^{3} железа? Как, зная вес 1 *дм*^{3}, определить вес 20 *дм*^{3}? Как определить вес железной болванки?

---

[1] Перельман. Как решать задачи по физике.
[2] Франковский. „Физика в школе“, 1940, № 4.

Все решение можно записать в таком виде:

1 $дм^3$ железа весит 7,8 *кГ*

20 „ „ весят $7{,}8 \times 20$ *кГ* = 156 *кГ*

$$P = 156 \text{ кГ}$$

Задача. „Танк весом в 12,8 *Т* опирается на две гусеничные ленты шириною 0,4 *м* каждая. Какое давление производит танк на грунт, если лента соприкасается с грунтом на протяжении 2 *м*?

Эта задача является одним из примеров тренировочных задач, которые обычно решаются при закреплении понятия давления. После чтения и краткой записи условия задачи рассуждения ведутся примерно в таком виде: Что требуется найти в задаче? А что такое давление? Что необходимо знать, чтобы найти силу, действующую на 1 $см^2$? Что является здесь силой давления? На какую площадь давит вес танка? Значит, чтобы ответить на вопрос задачи, что нам нужно прежде всего вычислить? Как же найти площадь соприкосновения гусеничных лент с грунтом?

Эти рассуждения приводят к такому решению данной задачи по вопросам:

1. Чему равна площадь соприкосновения одной гусеничной ленты с грунтом?

$$200 \cdot 40 = 8\,000 \text{ см}^2.$$

2. Какова общая площадь соприкосновения гусеничных лент с грунтом?

$$8\,000 \cdot 2 = 16\,000 \text{ см}^2.$$

3. Чему равно давление танка на грунт?

$$12\,800 : 16\,000 = 0{,}8 \text{ кГ на } 1 \text{ см}^2$$

$$\text{Ответ: } p = 0{,}8 \frac{кГ}{см^2}.$$

Ответы на все предварительные вопросы и вопросы, сопровождающие самое решение задачи, составят объяснение к решению данной задачи. Это объяснение учащиеся должны научиться давать сначала устно, а затем и письменно, независимо от способа решения задачи.

При решении этой задачи следует обратить особое внимание учащихся на общую площадь опоры, так как при самостоятельном решении подобных задач учащиеся часто допускают ошибку при учете общей площади опоры (берут площадь опоры только одной гусеницы).

Задача. „Рассчитать подъемную силу плота (условие приведено на стр. 50).“

Анализ и решение задачи могут быть, примерно, такими:

Какие силы действуют на плавающее тело? Чему равна подъемная сила плавающего тела? Что нужно знать для опреде-

ления подъемной силы плота? Как определить вес плота? Чему равна выталкивающая сила воды?

1. Объем плота: 0,8 $м^3 \cdot 20 = 16$ $м^3$.

2. Вес плота: $0{,}7 \cdot 16\,Т = 11{,}2\,Т$.

3. Выталкивающая сила воды при полном погружении плота: $1 \cdot 16\,Т = 16\,Т$.

4. Подъемная сила плота: $16\,Т - 11{,}2\,Т = 4{,}8\,Т$.

Подъемная сила = 4,8 $Т$.

Следовательно, на плот можно положить груз весом около 4,8 $Т$.

Задача. „Определить работу подъемного крана при поднятии железной балки" (стр. 73).

Анализ задачи можно провести так:

На что тратится работа подъемного крана?

Чему равна работа по поднятию груза?

Как определить вес железной балки? (Удельный вес железа берется из таблицы и записывается в условие задачи). Как рассчитать объем железной балки?

Решение:

1. Объем железной балки $V = 50 \cdot 500$ $см^3$ = 25 000 $см^3$ = 25 $дм^3$.

2. Вес железной балки: $P = 7{,}8 \cdot 25$ $кГ$ = 195 $кГ$.

3. Работа подъемного крана: $W = 195 \cdot 20$ $кГм$ = 3 900 $кГм$.

Ответ: W = 3 900 $кГм$.

Вот еще задача-пример из курса VII класса:

Задача. „Сколько требуется теплоты для нагревания стакана воды (200 *г*) от 10° С до 50° С?"

При решении этой задачи анализ и решение можно провести, рассуждая так:

Для нагревания 1 *г* воды на 1° необходимо затратить 1 *кал* теплоты, для нагревания же 200 *г* на 1° потребуется теплоты в 200 раз больше, т. е. $1 \cdot 200 = 200$ *кал*.

Чтобы нагреть 200 *г* воды не на 1°, а на 50° — 10° = 40 градусов теплоты потребуется в 40 раз больше, именно $200 \cdot 40$ *кал* = = 8 000 *кал* = 8 *ккал*.

Кратко записать это можно в таком виде:

Для нагревания	1 *г*	воды	на	1°	требуется	1 *кал*.
„ „	200 *г*	„	„	1°	„	200 *кал*.
„ „	200 *г*	„	„	40°	„	$200 \cdot 40 = 8\,000$ *кал*.

Возьмем еще одну задачу на тепловые расчеты из курса VII класса:

Задача. „Какое количество пара, температура которого 100°, требуется обратить в воду, чтобы нагреть чугунный радиатор массой в 10 *кг* от 10° до 90° С?"

При выяснении физического процесса, описываемого в задаче, устанавливаем, что чугунный радиатор нагревается за счет теплоты, полученной от конденсации пара и охлаждения образовавшейся при конденсации пара воды на 10°. Отсюда, чтобы опре-

делить количество конденсированного пара, надо знать количество теплоты, полученной чугунным радиатором, и количество теплоты, выделенной одним килограммом пара.

После выяснения физического процесса задачи проводим самое решение по следующим вопросам:

1. Сколько теплоты необходимо для нагревания 10 *кг* чугуна от 10° до 90°?

$$Q = 0{,}13 \cdot 10 \cdot 80 = 104 \textit{ ккал.}$$

При вычислении этого количества теплоты необходимо, чтобы учащиеся вспомнили следующие рассуждения: для нагревания 1 *кг* чугуна на 1° С требуется 0,13 *кал* теплоты, а для нагревания 10 *кг* на 80° С теплоты требуется в 10·80 раз больше.

2. Сколько теплоты выделяется при конденсации 1 *кг* пара при 100° и охлаждении полученной воды от 100° до 90°, т. е. на 10°?

1 *кг* пара при 100°, согласно определению уд. теплоты парообразования, выделяет при конденсации 539 *ккал*, а 1 *кг* воды при охлаждении на 10° выделяет 10 *ккал.* Следовательно, 1 *кг* пара при 100° в процессе конденсации и охлаждении полученной воды до 90° выделяет

$$539 + 10 = 549 \textit{ ккал.}$$

3. Сколько пара при 100° нужно обратить в воду для нагревания железного радиатора от 10° до 90°?

$$m = \frac{104}{549} \textit{ кг} = 0{,}19 \textit{ кг}; \quad m = 0{,}19 \textit{ кг.}$$

Ответ: $m = 0{,}19$ *кг.*

Арифметическим способом можно в VII классе решать даже такие задачи по теплоте, которые для своего решения другим способом требуют составления уравнения теплового баланса. Приведем пример:

Задача. „В чугунный сосуд весом 2 *кг* при температуре 10° налили 5 *л* воды при 90°. Какова стала температура воды?" (Фалеев, гл. III, № 40.)

При арифметическом способе решения этой задачи рассуждения могут быть следующие:

После окончания теплового обмена температура воды и сосуда стала одинаковая. Если предположить, что сосуд и вода охладились до 0°, то выделилось бы определенное количество теплоты. Рассчитав эту теплоту, можно, зная теплоемкость тел, определить искомую в задаче температуру смеси. Таким образом, решение задачи по вопросам может быть таким:

1. Сколько теплоты может выделить чугунный сосуд при охлаждении до 0° С?

$$Q_1 = 0{,}11 \cdot 2 \cdot 10 \textit{ ккал} = 2{,}2 \textit{ ккал.}$$

2. Какой запас теплоты имеет вода?

$$Q_2 = 1 \cdot 5 \cdot 90 \textit{ ккал} = 450 \textit{ ккал.}$$

3. Каков общий запас теплоты?

$$Q = 452{,}2\ \frac{ккал}{град}.$$

4. Какова теплоемкость 5 *л* воды и 2 *кг* чугуна?

$$(1 \cdot 5 + 0{,}11 \cdot 2)\frac{ккал}{град} = 5{,}22\ \frac{ккал}{град.}$$

5. На сколько градусов можно нагреть 5 *л* воды и 2 *кг* чугуна, сообщив им 452,2 *ккал* теплоты?

$$452{,}2 : 5{,}22 = 8{,}6^{\circ}$$

Следовательно, температура смеси $\Theta = 8{,}6^{\circ}$.

Необходимо отметить, что решение всякого рода задач на тепловые расчеты в VII классе обязательно следует начинать арифметическим способом, и только после достаточного упражнения в решении этим способом можно переходить к решению по готовым формулам. Такой порядок в значительной мере обеспечит сознательное применение готовых формул в дальнейшем при решении этих задач. Для экономии времени при решении задач арифметическим способом в классе не следует, конечно, записывать вопросы каждой задачи в тетради учащихся, а нужно это делать в начале каждого типа задач. Кроме этого, необходимо требовать от учащихся записи вопросов при решении тех задач, которые даются на дом.

Арифметический способ решения задач не надо забывать и в старших классах, так как и здесь применение его в отдельных случаях может быть чрезвычайно полезным. Укажем некоторые из этих случаев. В VIII классе при разборе, например, задач по теме „Работа и мощность" очень помогает сознательному применению готовых формул решение хотя бы одной типовой задачи арифметическим способом. Вот пример.

Задача. „Подъемный кран должен в течение 8 часов рабочего дня поднять 3 000 *T* строительных материалов на высоту 9 *м*. Какова мощность двигателя крана, если коэффициент полезного действия установки 60% ?"

Анализ содержания задачи:

Мощность двигателя подъемного крана может быть определена, если будет известна работа, произведенная им в течение известного времени. 60% этой работы идет на подъем строительных материалов — это полезная работа. Отсюда решение задачи по вопросам может быть следующее:

1. Чему равна полезная работа двигателя?

$$W = 3\,000\,000 \cdot 9\ кГм = 27\,000\,000\ кГм.$$

2. Чему равна вся работа двигателя?

$$W = \frac{27\,000\,000}{0{,}6}\ кГм.$$

3. Какова мощность двигателя крана?

$$N = \frac{27\,000\,000}{0{,}6 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60}\ \frac{кГм}{сек};\ N = 1\,562{,}5\ \frac{кГм}{сек};\ N \simeq 21\ Л.С.$$

Целесообразно также применять арифметический способ при решении таких задач, когда физический смысл отдельных формул при алгебраическом решении не вполне ясен для учащихся.

Иллюстрируем это такой задачей из курса VIII класса.

Задача. „Какой груз из свинца нужно привязать к 1 *кГ* пробки, чтобы вся система не потонула в воде, а полностью погрузилась в нее?"

При алгебраическом решении этой задачи окончательная формула имеет такой вид

$$P_1 = P\frac{(d_2 - d)\,d_1}{d\,(d_1 - d_2)},$$

где P_1 — вес свинца,

P — вес пробки,

d, d_1, d_2 — соответственно удельные веса пробки, свинца и воды.

Эта формула, а также формулы отдельных преобразований не понятны для учащихся, в то время как арифметическое решение более доступно их пониманию.

Подъемная сила пробки как разница между весом воды в объеме пробки и весом пробки дает вес свинца в воде.

Зная вес единицы объема свинца в воде, определяем его объем, а по удельному весу и объему вычисляем вес свинца. Отсюда:

1. Подъемная сила пробки или вес свинца в воде

$$P_1 = 1 \cdot \frac{1000}{0{,}2} - 1000 = 4000\ Г.$$

2. Вес единицы объема свинца в воде

$$11{,}3 - 1 = 10{,}3\ \frac{Г}{см^3}.$$

3. Объем свинца

$$V_1 = \frac{4000}{10{,}3}\ см^3 \simeq 388\ см^3.$$

4. Истинный вес свинца

$$P_1 = 11{,}3 \cdot 388\ Г = 4384\ Г \simeq 4{,}4\ кГ$$

$$P_1 = 4{,}4\ кГ.$$

Арифметический способ решения может быть очень полезным в старших классах и в некоторых других случаях. Так, в IX классе, прежде чем решать задачи на тепловые расчеты составлением уравнений теплового баланса, целесообразно одну-две такого рода задачи решить по вопросам, т. е. арифметическим способом. Практика показывает, что эти задачи вообще вызывают большие затруднения у многих учащихся IX классов.

Учащиеся при алгебраическом решении этих задач стремятся использовать готовые формулы, не вникая в физические процессы, часто упускают некоторые из этих процессов и делают поэтому ошибки в составлении уравнений. При арифметическом же решении этих задач каждое действие приобретает определенный физический смысл, усвоение материала делается глубже и

прочнее. Вот почему мы полагаем, что такой подход к решению этих задач поможет учащимся лучше осознать способ решения их составлением уравнения теплового баланса.

Арифметический способ можно также применять в IX классе в тех случаях, когда при решении задач составлением уравнения теплового баланса приходится исходить из некоторых предположений. Часто можно сделать неправильное предположение, и тогда решение всегда приводит к нелепости, как-то: температура смеси горячей воды со льдом, взятым при 0°, получается, например, ниже 0°, или льда расплавится больше, чем было его в смеси. Приведем пример такой задачи:

Задача. „200 *г* льда при — 20° С опущено в сосуд весом в 100 *г* и с удельной теплоемкостью 0,1 $\frac{кал}{г \cdot град}$, содержащий 290 *г* воды при 30°. Каковы окончательное состояние и температура смеси?"

Так как в задаче не сказано, что весь лед растаял, то, находя температуру из предположения, что он весь растаял, составлением уравнения теплового баланса, которое здесь не приводим, мы получим температуру смеси, равной — 18° (ответ явно нелепый). Арифметическое решение таких задач избавляет от гадательных предположений и будет следующее:

1. Сколько теплоты может выделить вода и сосуд при охлаждении до 0°?

$$Q_1 = (290 + 0{,}1 \cdot 100)\, 30\ кал = 9000\ кал.$$

2. Сколько теплоты необходимо для нагрева 200 *г* льда от — 20 до 0°?

$$Q_2 = 0{,}5 \cdot 200 \cdot 20\ кал = 2000\ кал.$$

3. Сколько теплоты может отдать вода и сосуд на таяние льда?

$$Q = 9000\ кал - 2000\ кал = 7000\ кал.$$

4. Сколько льда может растаять за счет этого запаса теплоты?

$$m = \frac{7000}{80}\ г = 87{,}5\ г.$$

5. Сколько льда осталось в смеси?

$$200 - 87{,}5 = 112{,}5\ (г).$$

Ответ: температура смеси равна 0° С.
В смеси будет 112,5 *г* льда.

Наряду с этим арифметический способ может быть с успехом использован в старших классах в отдельных случаях для вывода общей формулы решения однотипных задач. Как пример этого использования, разберем вывод формулы расчета количества топлива, необходимого для работы тепловых двигателей. Такого рода задачи являются типовыми в курсе IX класса, решение же их в VII классе не может быть вполне осознано учащимися этих классов, а потому от решения их здесь следует отказаться. (Боль-

шинство задач сборника Фалеева и Перышкина в отделе „Превращение механической энергии в тепловую и обратно“ являются непосильными для более или менее сознательного решения учащимися VII класса.)

Приведем решение по вопросам одной такой задачи.

Задача. „Сколько керосина расходует трактор мощностью 50 HP за 10 часов работы при к. п. д., равном 20%?“

Не останавливаясь на объяснении физических процессов, соответствующих содержанию задачи, даем только ее решение по вопросам.

1. Какое количество полезной работы производит трактор за счет теплоты сгорания 1 *кг* керосина?

$$427 \cdot 11\,000 \cdot 0{,}2 = 427 \cdot 1100 \cdot 2 \text{ кГм на 1 кг.}$$

2. Какую работу совершает трактор в течение 10 час?

$$75 \cdot 50 \cdot 3\,600 \cdot 10 \text{ кГм.}$$

3. Сколько керосина расходует трактор за 10 час. работы?

$$m = \frac{75 \cdot 50 \cdot 36\,000}{427 \cdot 1100 \cdot 2} \text{ кг} \simeq 144 \text{ кг.}$$

Ответ: $m = 144$ *кг*.

В результате такого решения нескольких подобных задач учащиеся IX класса сознательно будут писать и пользоваться следующей формулой:

$$m = \frac{75\,Nt}{Jq\eta},$$

где m — количество сгоревшего топлива; N — мощность двигателя в лошадиных силах; t — время в секундах; J — механический эквивалент теплоты; q — калорийность топлива и η — коэффициент полезного действия. Весь числитель этой формулы выражает работу двигателя за данное время, а знаменатель — полезную работу, совершаемую двигателем за счет теплоты сгорания 1 *кг* топлива. Эту формулу можно переписать в виде такого уравнения

$$Jqm\eta = 75\ Nt.$$

Последнее уравнение можно, конечно, составить на основании закона сохранения и превращения энергии, рассуждая следующим образом: теплота превращается в механическую работу

$$Q \to W$$

или

$$JQ = W.$$

Выражая Q через произведение qm, W через Nt и учитывая коэффициент полезного действия, предыдущее соотношение переписываем в виде уже написанного выше уравнения

$$Jqm\eta = 75\ Nt.$$

Важно опять-таки, чтобы учащиеся понимали все элементы этого уравнения.

Добавим, что все задачи в отделе „Механический эквивалент теплоты“ № 212—239 задачника Демидова решаются в IX классе составлением приведенного выше уравнения.

Перейдем теперь к рассмотрению следующего способа — решение задач по готовой формуле, имеющего связь с арифметическим способом.

2. Решение задач по готовой формуле

Решение задач по готовой формуле в простейшем случае есть механизация арифметического способа. При этом решении от учащихся требуется умение найти в предложенной задаче именно ту закономерность, которая выражается одной из известных им формул. Другими словами при анализе содержания задачи устанавливается, какая физическая закономерность объясняет явление или процесс, описываемый в задаче, и, следовательно, какая из известных формул дает зависимость между данными и искомой в задаче величинами. Учащиеся должны из известных им формул найти формулу, необходимую для решения данной задачи.

Этот способ имеет широкое применение при решении простых задач в старших классах. Этим же способом можно пользоваться при решении многих задач в VI и VII классах после достаточного упражнения в решении их арифметическим способом и при решении тех задач, где трудно применить арифметический способ, например, задач на закон Ома, на закон Джоуля-Ленца, и некоторых других. „И в том и в другом случае (т. е. при решении задач алгебраическим или арифметическим способом) необходимы длительные упражнения в применении данных физических понятий и представлений. Эти упражнения приводят учащихся к уменью видеть через формулу ее физический смысл“.[1]

Как ни просты многие задачи, решаемые по готовой формуле, все же учащиеся часто затрудняются решать такие задачи. Для сознательного решения задач по готовой формуле необходимо не только четкое знание формул, но и уменье видеть физический смысл этих формул. Учащиеся часто из известных им формул не могут выбрать формулу, необходимую для решения данной конкретной задачи потому, что не умеют уяснить физической сущности задачи, не видят в содержании задачи применения известной им закономерности.

При решении задач по готовой формуле встречаются физические и математические трудности. Физические трудности объясняются тем, что учащиеся, как уже было сказано, особенно на первых порах применения известной закономерности, не умеют видеть в содержании задачи той закономерности, которой подчиняется изображаемый в задаче процесс или явление. Это происходит чаще всего потому, что сама закономерность или совсем не усвоена и не осознана учащимися или усвоена ими

---

[1] Знаменский и др. Методика преподавания физики в средней школе, 1936, стр. 94.

чисто формально. Математические трудности, встречающиеся на практике довольно часто, объясняются или недостаточным математическим развитием учащихся или отсутствием у них соответствующих математических навыков. Особенно часто вызывает трудность у учащихся решение тех задач, в которых искомая величина выражается не основной, а производной формулой. Несомненно, эти трудности не физического характера, а чисто математического. Так, например, в VI классе учащиеся, зная формулу для давления $p = \frac{F}{S}$, часто затрудняются решить задачу, в которой по силе давления и давлению требуется найти площадь. В подобных случаях необходимо постоянно возвращаться к арифметическому способу решения или использовать законы арифметических действий. Такие трудности встречаются не только в первом концентре, но и во втором, например, в VIII классе бывает много ошибок на первых порах при вычислении ускорения или времени из формулы пути $s = \frac{at^2}{2}$. Здесь также в таких случаях следует напоминать учащимся законы арифметических действий.

По готовой формуле решаются все простейшего типа задачи в один или два вопроса, т. е. большинство задач тренировочного характера.

Техника решения задач по готовой формуле не вызывает обычно на практике особых недоумений, поэтому в качестве примера мы приведем решение лишь нескольких задач.

Задача. „Сколько часов должна гореть электрическая лампочка при напряжении 120 вольт, чтобы при силе тока в 0,5 ампера она потребила 15 гектоватт-часов электрической энергии?"

При решении этой типовой задачи в VII классе используется готовая формула энергии или работы тока: $W = JUt$.

В этой формуле все величины, кроме искомой в задаче, известны, следовательно, можно получить такую производную формулу для определения времени горения лампочки: $t = \frac{W}{JU}$. При вычислении искомой величины, которое мы здесь не приводим, потребляемую лампочкой энергию необходимо выразить в ватт-часах, время тогда получится, согласно вопросу задачи, в часах.

Вот пример решения по готовой формуле „типовой" задачи из курса VIII класса.

Задача. „Сани, масса которых 78,4 *кг*, скатившись с горы, имеют скорость 5 $\frac{м}{сек}$ и продолжают затем двигаться по горизонтальному пути. Определить силу трения саней на горизонтальном участке пути, если известно, что они остановились, пройдя 80 *м*." (Демидов, № 5651.)

Анализ и решение задачи можно провести в таком виде. Сани, скатившись с горы, имеют запас кинетической энергии, за счет которой совершается работа по преодолению сопротивления тре-

ния при движении саней на горизонтальном участке пути. Отсюда готовой формулой для решения этой задачи может быть следующая: $-Fs=\frac{mv^2}{2}$ (знак минус показывает работу силы сопротивления).

Подставляя численное значение величин в системе MKS, получаем

$$F=\frac{8\cdot 25}{2\cdot 80}=1{,}25\ (кГ)$$

$$F=1{,}25\ кГ.$$

Приведем теперь решение „типовой“ задачи из курса IX класса.

Задача. „Объем углекислоты при нормальных условиях равен 10 *л*. Найти объем этой углекислоты при температуре 40° и давлении 740 *мм* ртутного столба“. (Демидов, № 347.)

Запишем кратко условие задачи:

Углекислый газ:

$p_0=760$ *мм* рт. ст.

$V_0=10$ *л*

$t_0°=0°$

$p=740$ *мм* рт. ст.

$t°=40°$

$V=?$

Так как в условии задачи известно давление и объем газа при 0°, а необходимо найти объем его при некоторой температуре и новом давлении, то для решения задачи необходимо использовать уравнение состояния газа либо в виде уравнения:

$$\frac{Vp}{1+at°}=V_0p_0,\ \text{либо}\ \frac{Vp}{T}=\frac{V_0p_0}{273}.$$

В этом уравнении все величины, кроме V, известны, но подстановку численного значения данных величин лучше производить не в это уравнение, а в окончательное буквенное выражение для искомой величины, т. е. в выражение

$$V=\frac{V_0p_0(1+at°)}{p}\qquad \text{или}\ V=\frac{V_0p_0T}{273p}.$$

Подстановку численных значений величин и самые вычисления мы здесь приводить не будем.

Остановимся, наконец, на одном примере решения типовой задачи из курса X класса.

Задача. „Во внешнюю цепь элемента с электродвижущей силой в 1,5 V и внутренним сопротивлением в 0,5 ома включено некоторое сопротивление. Определить величину этого сопротивления, если сила тока в цепи 0,1 ампера“. (Демидов, № 706.)

Если учащиеся вполне уяснили соотношения между величинами, входящими в формулу закона Ома, сознательно усвоили этот закон для участка и для всей цепи, вполне освоили понятия э. д. с., напряжения внутренней и внешней частей цепи, то они

для решения этой задачи без всяких математических преобразований основной формулы напишут готовую формулу, дающую ответ на вопрос задачи, в таком виде: $R = \frac{E - Ir}{I}$. В этой формуле числитель дроби даст напряжение во внешней части цепи или напряжение на зажимах элемента, так что физический смысл формулы вполне ясен на основании закона Ома для участка цепи. Вычисление искомой величины по данной формуле здесь не приводим.

Решение по готовой формуле должно всегда сопровождаться логически правильным написанием самой формулы. Вопрос о логически правильном написании физических формул мы считаем чрезвычайно существенным, поэтому здесь на нем кратко остановимся. Говоря о логически правильном написании формул, мы имеем в виду не ошибки в написании формул, а порядок расположения элементов в них.

Логически правильно написанной надо считать ту формулу, порядок расположения элементов которой соответствует рассуждениям, сопровождавшим вывод ее или порядок решения арифметическим способом соответствующей задачи. Поясним сказанное только двумя конкретными примерами, начав хотя бы с формулы, выражающей зависимость веса тела от удельного веса и объема. Чтобы подвести учащихся к пониманию и правильному написанию данной формулы, преподаватель может, как уже указывалось, решить ряд численных примеров, сопровождая это решение соответствующими объяснениями. Эти объяснения здесь в общем виде будут сводиться, примерно, к следующим рассуждениям: уд. вес вещества показывает, сколько весит единица объема данного вещества; если взятое тело имеет V единиц объема, то его вес в V раз больше веса единицы объема.

Такие рассуждения приводят к формуле $P = dV$, которую мы считаем единственно логически правильной. Эту же формулу, написанную с перестановкой элементов, т. е. $P = Vd$, надо признать логически неправильной, как не соответствующую вышеприведенным рассуждениям.

Возьмем другой пример — формулу для расчета теплоты при нагревании и охлаждении тел. Здесь также надо признать по той же самой причине логически правильно написанной такую формулу: $Q = cm\ (t_2° - t_1°)$, а не $Q = mc\ (t_2° - t_1°)$, так как первое расположение элементов соответствует тем рассуждениям, которыми сопровождается решение задач арифметическим способом и рассуждениям при выводе этой формулы.

В учебной литературе, даже стабильной, во многих случаях не обращается никакого внимания на порядок расположения элементов в формулах. Рассматривая эти элементы, как известные символы, выражающие функциональную зависимость между входящими в формулу величинами, авторы учебной и даже методической литературы оперируют с этими символами произвольно, допускают, с нашей точки зрения, известную вольность.

Эту вольность нельзя допускать в преподавании физики средней школы. Чтобы приучить учащихся видеть физический смысл в символах, необходимо постоянно требовать не только логически правильного написания формул, но и объяснения их, повторять соответствующие рассуждения. Здесь мы останавливаемся на этом вопросе потому, что указанное требование в значительной мере поможет сознательному решению задач. От учащихся всегда надо требовать объяснения написанной формулы. Если они пишут, например, формулу для веса $P = Vd$, то надо потребовать объяснения такого написания и если они будут объяснять хотя бы через сравнение веса тела с весом воды, рассматривая уд. вес как число, показывающее, во сколько раз вес данного тела больше веса такого же объема воды (в старой учебной литературе есть именно такое определение уд. веса), то можно было бы, пожалуй, удовлетвориться и таким объяснением написанной формулы, хотя само выражение „Удельный вес" исключает, нам думается, трактовку его как отношение веса тела к весу воды.

Только при постоянном требовании от учащихся рассуждений при написании формулы, можно добиться сознательного усвоения ими тех соотношений, которые выражаются этими формулами.

Сознательное же усвоение закономерностей, логически правильное написание формул, постоянное объяснение их, — все это выработает у учащихся привычку рассуждать при решении физических задач.

Для привития учащимся навыка сознательного решения задач по готовой формуле полезно проводить предварительные упражнения, заключающиеся в ознакомлении их с константами, встречающимися в той или иной теме и конкретизации понятий, выражаемых этими константами. Полезно также выписать отдельно все величины, встречающиеся в той или иной теме, их символы и единицы их измерения, а также формулы, выражающие зависимость между этими величинами. К этому нужно еще добавить устное решение простых примеров и задач на соответствующую закономерность.

В тесной связи с логически правильным написанием формул находится другой вопрос „логика в ходе рассуждений ученика при решении задач".[1]

Мы разделяем точку зрения автора статьи, который отмечает, что преподаватели часто не обращают должного внимания на подстановку чисел в формулу, а между тем „логика требует, чтобы все данные численные значения мы подставляли в общую формулу в таком порядке, при котором можно было бы в каждый момент точно указать, над какими величинами мы оперируем, какие величины находим и какими действиями".

3. Аналитический способ решения задач

Этот способ решения применяется главным образом при решении многоформульных задач и состоит в том, что решение

[1] Арефьев. „Физика в школе", 1940, № 4.

начинается с отыскания такой закономерности, которая дает непосредственно ответ на вопрос задачи. Установленная зависимость выражается соответствующей формулой, которая при аналитическом способе решения является исходной для всего решения. Следовательно, при данном способе решение начинается с конца задачи, с ответа на вопрос задачи, с установления исходной формулы, дающей этот ответ. Такой формулой чаще всего является основная физическая формула, знание которой обязательно для учащихся. От правильного нахождения исходной формулы в большой мере зависит правильный путь всего решения.

Если предварительный разбор задачи проведен с достаточной полнотой и учащиеся обладают соответствующими теоретическими знаниями, то отыскать такую зависимость искомой величины от других величин, характеризующих данный физический процесс, т. е. написать исходную формулу, не представляет большой трудности. Самое решение задачи в этом случае заключается в развитии исходной формулы, в ее „развертывании", как выражаются учащиеся, в установлении плана нахождения величин, определяющих искомую величину. Процесс развития исходной формулы, т. е. самое решение, сводится к следующему. Окончательный ответ можно получить в том случае, когда все величины, входящие в правую часть исходной формулы, известны. В простейшем случае при решении задач по готовой формуле в правую часть исходной формулы входят все известные величины, а потому в ней можно делать подстановку численных значений и производить самые вычисления. При решении же многоформульных или многовопросных задач, когда обычно и применяется в полной мере аналитический способ, в правую часть исходной формулы входят неизвестные величины — одна или несколько. Необходимо установить зависимость этих неизвестных величин от других величин, выражая эту зависимость новыми формулами до тех пор, пока в правой части полученной формулы не будут известны все величины. Это значит, что величину, искомую в задаче, можно выразить постепенно через значения величин, от которых она зависит. Получением последней формулы заканчивается физическая сторона решения в собственном смысле.

Дальнейшее решение задач можно производить: или 1) путем получения общей формулы через подстановку в исходную формулу найденных значений входящих в нее величин, или 2) путем нахождения сначала численных значений этих величин и затем уже нахождения численного значения искомой величины.

Поясним все сказанное на конкретных примерах. Начнем с такой типовой задачи из курса VIII класса.

Задача. „Ствол винтовки имеет длину 60 *см*. Скорость пули при вылете из дула 600 $\frac{м}{сек}$, масса пули 15 *г*, а ее калибр 8 *мм*. Определить среднее давление пороховых газов в стволе". (Демидов, № 534).

После чтения условия задачи выясняется термин „калибр" и

восстанавливается в памяти учащихся понятие „среднее давление". Затем следует выяснение физических закономерностей, характеризующих процесс, описываемый в данной задаче.

Физический процесс в данном случае можно объяснить с двух точек зрения: или как 1) превращение потенциальной энергии пороховых газов в кинетическую энергию вылетающей из дула пули, причем мерой этого превращения будет работа силы давления пороховых газов на расстоянии, равном длине ствола винтовки; или как 2) изменение количества движения пули под действием той же силы давления пороховых газов за время движения пули внутри канала ствола. Применение одного из этих объяснений зависит от того, в каком месте курса предлагается эта задача.

Выяснив предварительно физический процесс, пишем краткое условие. При этом обозначаем: длину ствола винтовки через l, скорость пули при вылете из дула — v, начальную скорость пули — v_0, массу пули — m, диаметр основания пули — D и, наконец, искомую величину — среднее давление — через p. При таком обозначении краткая запись условия будет следующая:

Пуля вылетает из винтовки

$l = 60\ см = 0,6\ м$

$v = 600 \frac{м}{сек}$

$m = 15\ г \simeq 0,0015$ т. е. м.

$v_0 = 0$

$D = 8\ мм = 0,8\ см$

$p = ?$

Установим теперь исходную формулу, дающую ответ на вопрос задачи. В данном случае такой формулой из определения среднего давления будет

$$p = \frac{F}{S}.$$

В этой формуле F — средняя сила давления пороховых газов, а S — площадь основания пули. Нахождение величин, от которых зависит искомая величина, и составляет решение задачи, т. е. решение данной задачи сводится к нахождению силы давления пороховых газов и площади основания пули.

На основании выясненного в предварительном разборе физического процесса для нахождения F воспользуемся основным уравнением динамики: $F = ma$.

В этой новой формуле неизвестной величиной является ускорение.

Принимая силу давления пороховых газов постоянной, мы имеем движение пули внутри ствола равномерно-ускоренное с начальной скоростью, равной нулю. Тогда ускорение при движении пули можно найти из основного, известного учащимся из кинематики, соотношения

$$v^2 = 2al,$$

откуда

$$a = \frac{v^2}{2l}.$$

В этом соотношении v и l даны в условии задачи, следовательно, ускорение, а затем и сила давления, могут быть вычислены.

Если физический процесс был объяснен с точки зрения превращения энергии, то для нахождения F можно сразу воспользоваться готовым уравнением „живой" силы, т. е.

$$Fl = \frac{mv^2}{2},$$

из которого и находим силу давления $F = \frac{mv^2}{2l}$.

Вторая величина, входящая в исходную формулу, площадь основания пули определяется на основании следующего геометрического соотношения $S = \frac{\pi D^2}{4}$.

Таким образом, обе величины, от которых зависит искомая в задаче величина, выражены через величины, известные в условии задачи или такие, которые могут быть вычислены.

После этого можно переходить к вычислению, причем оно производится в обратном порядке (т. е. находим сначала численное значение S, затем a, F и, наконец, искомую в задаче величину p).

$$S = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}64}{4} = 0{,}5024 \simeq 0{,}5 \ см^2$$

$$S = 0{,}5 \ см^2.$$

Численное значение ускорения будет

$$a = \frac{600^2}{2 \cdot 0{,}6} = 300\,000 \frac{м}{сек^2}; \ a = 300\,000 \frac{м}{сек^2}.$$

Подставляя значение ускорения в формулу для силы, получаем

$$F = 0{,}0015 \cdot 300\,000 \simeq 450 \ кГ$$

$$F = 450 \ кГ.$$

Находим теперь искомую величину p

$$p = \frac{450}{0{,}5} = 900 \frac{кГ}{см^2}; \ p = 900 \frac{кГ}{см^2} \simeq 900 \text{ техн. атм.}$$

Ответ: $p = 900$ техн. атм.

Если при решении задачи составляется общая формула, то, прежде чем приступать к вычислениям, составляется эта формула, в которую затем подставляются численные значения входящих в нее величин и производятся самые вычисления.

Общей формулой в данной задаче будет следующая:

$$p = \frac{2mv^2}{\pi D^2 l}.$$

Подставляя в эту формулу численные значения входящих в нее величин и производя вычисления, получаем окончательный ответ

$$p = \frac{2 \cdot 0{,}0015 \cdot 6^2 \cdot 10^4}{3{,}14 \cdot 0{,}8^2 \cdot 0{,}6} \simeq 900 \frac{кГ}{см^2}; \ p = 900 \frac{кГ}{см^2}.$$

Таким образом, оформление всего решения этой задачи при аналитическом способе можно представить в таком виде:

Пуля вылетает из винтовки:

$$l = 60 \text{ см} = 0{,}6 \text{ м}$$
$$v = 600 \, \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$
$$v_0 = 0$$
$$m = 15 \text{ г} = 0{,}0015 \text{ т. е. м.}$$
$$D = 8 \text{ мм} = 0{,}8 \text{ см}$$
$$g = 10 \, \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$$
$$p = ?$$

Решение	*Вычисления*
1. $p = \frac{F}{S}$	$S = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}8^2}{4} \text{ см}^2 \simeq 0{,}5 \text{ см}^2$
2. $F = ma$	$a = \frac{360\,000}{1{,}2} \, \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} = 300\,000 \, \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$
3. $a = \frac{v^2}{2l}$	$F = 0{,}0015 \cdot 300\,000 \text{ кГ} = 450 \text{ кГ}$
4. $S = \frac{\pi D^2}{4}$	$p = \frac{450}{0{,}5} \, \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2} = 900 \, \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}$

Ответ: $p \simeq 900 \, \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2} = 900$ техн. атм.

Остановимся на одном примере решения комбинированной задачи аналитическим способом из курса VII класса:

Задача. „Определить тепловую отдачу кипятильника, в котором в течение 15 минут нагрелось 960 *г* воды от 20° до 100° при силе тока в 5 ампер и напряжении в 120 вольт".

Запишем кратко условие задачи:

Электрический кипятильник:

$$I = 4 A$$
$$U = 120 \text{ V}$$
$$t = 15 \text{ мин.} = 900 \text{ сек.}$$
$$m = 960 \text{ г}$$
$$c = 1 \, \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$$
$$t_1^\circ = 10^\circ$$
$$t_2^\circ = 100^\circ$$
$$\eta = ?$$

Исходной формулой для решения этой задачи на основании определения к. п. д. нагревателя является следующая

$$\eta = \frac{Q_{пол}}{Q_{затр}} \qquad (1)$$

В этой формуле $Q_{пол}$ — теплота, идущая на нагревание воды, $Q_{затр}$ — теплота, выделенная в нагревателе электрическим током за данное время.

Для решения задачи необходимо определить обе эти величины.

$$Q_{пол} = cm(t_2^\circ - t_1^\circ) \qquad (2)$$

$$Q_{пол} = 1 \cdot 960 \cdot 90 \textit{ кал.}$$

$$Q_{затр} = 0{,}24\ IUt \qquad (3)$$

$$Q_{затр} = 0{,}24 \cdot 4 \cdot 120 \cdot 900 \textit{ кал.}$$

Не получая окончательного результата в частных формулах (2 и 3) и подставляя значение $Q_{пол}$ и $Q_{затр}$ в исходную формулу, имеем

$$\eta = \frac{960 \cdot 90}{0{,}24 \cdot 4 \cdot 120 \cdot 900} = 0{,}825 = 82{,}5\ \%.$$

Приведем далее решение аналитическим способом комбинированной задачи из курса VIII класса.

Задача. „Вычислить работу подъемной силы аэростата (текст задачи приведен на стр. 51)“.

Краткая запись условия задачи может быть дана в таком виде:

Аэростат поднимается вертикально вверх:

$t = 10$ сек.
$m = 200$ *кг*
$v = 200$ *м*^{3}
$v_0 = 0$
$d = 0{,}00129 \frac{Г}{см^3} = 1{,}29 \frac{кГ}{м^3}$

$W = ?$ (работа подъемной силы).

$W = ?$ (работа подъемной силы).

Работу подъемной силы можно определить в том случае, если будет известна величина этой силы и расстояние, на которое поднимется аэростат в течение 10 сек. Откуда исходная формула для решения задачи будет следующая: 1) $W = F \cdot h$.

Подъемная сила F является разностью между выталкивающей силой и весом аэростата: 2) $F = F_{выт} - P$.

На основании закона Архимеда $F_{выт}$ равна весу воздуха в объеме аэростата, т. е. 3) $F_{выт} = dV$, вес же аэростата в *кГ* численно равен его массе в *кг*, т. е. $P = 200$ *кГ*.

Таким образом, одна из величин, функцией которой является искомая величина, может быть вычислена. Переходим ко второй величине — высоте поднятия h.

Движение аэростата принимаем за равномерно-ускоренное, так как оно происходит под действием постоянной силы (изменение плотности воздуха не учитывается). Следовательно, высота подъема выразится известной формулой: 4) $h = \frac{at^2}{2}$.

В этом соотношении неизвестной величиной является ускорение, которое определяем из основного уравнения: 5) $a = \frac{F}{m}$.

На этом решение задачи в общем виде заканчивается и можно переходить к определению численного значения величин, что мы здесь не приводим.

Возьмем простую комбинированную задачу из курса IX класса.

Задача. „Кирпичные стены дома имеют толщину 25 *см* и общую площадь дома 300 $м^2$. Внутри дома температура поднялась от 0° до 20°, а снаружи остается равной 0°. Сколько теплоты поглотили стены? плотность кирпича принять равной 1,8 $\frac{г}{см^3}$, удельную теплоемкость — 0,2 $\frac{кал}{г \cdot град}$.)"

При аналитическом приеме решение задачи следующее:

1. $Q = cm\Delta t^\circ$
2. $m = DV$
3. $V = Sl$
4. $\Delta t^\circ = \frac{t^\circ}{2}$

$$Q = \frac{cDSlt^\circ}{2}$$

$$Q = 0{,}2 \cdot 1{,}8 \cdot 25 \cdot 300\,000 \cdot 1\ кал =$$
$$= 270\,000\,000\ кал =$$
$$= 270\,000\ ккал$$
$$Q = 270\,000\ ккал.$$

При решении этой задачи может затруднить определение средней температуры нагревания стены. Надо принимать падение температуры по толщине стены равномерным.

Задача. „Определить световой коэффициент полезного действия лампочки накаливания мощностью в 54 ватта, если она, будучи опущена в прозрачный сосуд с 650 *г* воды, в течение 3 мин. нагревает эту воду на 3,4°".

Данная задача может служить примером комбинированной задачи, которую целесообразно решить в X классе после прохождения закона Джоуля и Ленца. При решении ее аналитическим способом мы исходим из определения коэффициента

полезного действия. Тогда ответ на вопрос задачи дает следующее соотношение:

$$1.\ \eta = \frac{N_1}{N},$$

где N_1 — световая мощность лампочки, N — полная ее мощность. Полная мощность лампочки представляет сумму тепловой и световой ее мощности. Отсюда, чтобы найти световую мощность лампочки, надо знать, кроме полной ее мощности, тепловую мощность:

$$2.\ N_1 = N - N_2$$

N_2 — тепловая мощность.

Эта величина может быть определена в том случае, если будет известна теплота, выделяемая лампочкой за три минуты:

$$3.\ N_2 = \frac{Q}{0{,}24\,t}.$$

В последнем соотношении Q — теплота, выделенная лампочкой в течение трех минут, 0,24 — термический эквивалент работы, а t — время в секундах. Так как теплота Q поглощалась водой, то ее можно определить из калориметрических соотношений:

$$4.\ Q = cm\Delta t^0.$$

В правой части последнего равенства все величины известны, а потому физическая сторона решения в собственном смысле этим заканчивается и можно переходить к вычислениям.

Необходимо отметить, что в этой задаче нет никакого смысла получать общую формулу, так как она не только не дает никакой выгоды в смысле вычисления, но наоборот, усложняет их, так как она математически сложна, именно

$$\eta = \frac{N - \frac{cm\Delta t^\circ}{0{,}24\,t}}{N}.$$

Таким образом, все решение этой задачи при аналитическом способе можно оформить так:

Лампочка накаливания погружена в воду

$N = 54\ вт$
$m = 650\ г$
$\Delta t^\circ = 3{,}4^\circ C$
$c = 1\,\frac{кал.}{г \cdot 1^\circ}$
$t = 3$ мин. $= 180$ сек.

$\eta = ?$ (световой)

Введем обозначения:
N — полная мощность
N_1 — световая мощность
N_2 — тепловая мощность

Решение	*Вычисления*
1. $\eta = \frac{N^1}{N}$	$Q = 1 \cdot 650 \cdot 3{,}4$ *кал* $= 2210$ *кал.*
2. $N_1 = N - N_2$	$N_2 = \frac{2210}{0{,}24 \cdot 180}$ *вт* $= 51{,}2$ *вт*
3. $N_2 = \frac{Q}{0{,}24\,t}$	$N_1 = 54$ *вт* — $51{,}2$ *вт* $= 2{,}8$ *вт*
4. $Q = cm\Delta t^\circ$	$\eta = \frac{2{,}8 \cdot 100}{54} = 5{,}1\ \%$

Ответ: $\eta \approx 5{,}1\ \%$.

Некоторые задачи по своему содержанию предусматривают, наоборот, получение как раз общей формулы решения. В качестве иллюстрации этого разберем решение такой комбинированной задачи из курса X класса:

Задача. „Рассчитать сечение медного провода (стр. 35)".

Краткая запись условия задачи:

Электроэнергия передается по медным проводам:

$l = 500$ *км* $= 500\,000$ *м*
$P = 10^5\ kW = 10^8\ W$
$U = 220\,000$ V
$\eta_{пот} = 10\,\% = 0{,}1$
$\varrho = 0{,}018\ \frac{ом\ мм^2}{м}$

$S = ?$

Анализ и решение задачи:

Сечение проводов можно определить исходя из основной формулы, выражающей законы сопротивления провода, т. е. из формулы $R = \varrho \frac{l}{S}$. Отсюда получаем такую исходную формулу, дающую ответ на вопрос задачи

$$S = \frac{\varrho l}{R}. \qquad (1)$$

В этой формуле неизвестной величиной, кроме искомой, будет сопротивление, которое является одним из аргументов потери напряжения в проводах (закон Ома для участка цепи), т. е.

$$U_{пров} = IR,$$

откуда

$$R = \frac{U_{пров}}{I}. \qquad (2)$$

где $U_{пров}$ и I — обе величины неизвестны.

$U_{пров}$ является функцией всего передаваемого напряжения и коэффициента потери

$$U_{пров} = 0{,}1\ U, \qquad (3)$$

Сила тока I может быть определена по передаваемой мощности и напряжению:

$$I = \frac{P}{U}. \quad (4)$$

Таким образом, все неизвестные величины выражены через известные и, следовательно, могут быть вычислены.

Дальнейшее решение этой задачи сводится к получению общей формулы для искомой величины, которая имеет здесь следующий вид:

$$S = \frac{\varrho l P}{0{,}1 U^2}.$$

Получение общей формулы в этой задаче имеет глубокий физический смысл, так как она позволяет подвергнуть исследованию вопрос задачи. Полученная общая формула показывает, что сечение проводов прямо пропорционально передаваемой мощности и обратно пропорционально квадрату напряжения.

Подставляя в общую формулу численные значения входящих в нее величин, получаем численное значение искомой величины:

$$S = \frac{0{,}018 \cdot 5 \cdot 10^5 \cdot 10^8}{0{,}1 \cdot 22^2 \cdot 10^8} \text{ мм}^2 \approx 185 \text{ мм}^2$$

$$S = 185 \text{ мм}^2$$

Решение этой задачи может быть полезным или при окончании темы „Законы постоянного тока" или при прохождении темы „Трансформация тока".

Приведенные примеры решения задач аналитическим способом со всей очевидностью показывают, что успех решения задач этим способом зависит от уменья разлагать сложную задачу на ряд простых и от того, „насколько правильно каждый раз, основываясь на данных задачи, подбираются аргументы, функцией которых является искомая величина в частных случаях".[1]

Первое достигается путем длительных и систематических упражнений в решении сложных задач, а второе не может быть без наличия четких теоретических знаний, чему помогает предварительная работа над сознательным усвоением физических понятий и функциональных зависимостей между величинами. Автор статьи „в качестве пропедевтики" к аналитическому решению задач рекомендует особого рода упражнения, заключающиеся в следующем: учащимся дается только один вопрос из задачи, без всяких данных величин и требуется подобрать возможно большее число пар величин, каждая из которых может дать ответ на поставленный вопрос. Мы разделяем эту точку зрения и считаем, что действительно „подобного рода упражнения заставляют учащихся задумываться над связью между величинами, весьма способствуют развитию понимания функциональной зависимости между ними, приучают физически мыслить", а

[1] Арефьев. „Физика в школе", 1940, № 4.

потому такого рода упражнения целесообразно проводить не только в качестве пропедевтики к аналитическому решению задач, но и в других случаях. Автор приводит два конкретных примера таких упражнений:

1. „Сколько калорий пошло на нагревание тела?“

2. „Чему равен объем тела?“

На оба вопроса предложено четыре пары величин, дающих ответ на поставленный вопрос. Мы, со своей стороны, приведем еще такие два примера:

I. Чему равна мощность двигателя автомобиля?

На данный вопрос можно ответить, если будет известно:

1. Сила, развиваемая мотором, и средняя скорость движения

$$N = Fv.$$

2. Работа в течение некоторого времени

$$N = \frac{W}{t}.$$

3. Количество сгоревшего бензина за некоторое время

$$N = \frac{Iqm\eta}{75t}.$$

II. Чему равно сопротивление проводника, если известны:

1. Линейные размеры проводника

$$R = \frac{\varrho l}{S}.$$

2. Сила тока и напряжение на концах проводника

$$R = \frac{U}{I}.$$

3. Сила тока и теряемая в проводнике мощность

$$R = \frac{P}{I^2}.$$

4. Напряжение на концах проводника и теряемая в нем мощность

$$R = \frac{U^2}{P}.$$

Автор прав, когда говорит, что аналогичные вопросы могут быть составлены по каждому разделу физики и что они могут быть особенно полезны при повторении целых разделов курса.

Подобного рода упражнения можно рекомендовать как особый прием, оживляющий повторение курса физики и приучающий „физически мыслить“ учащихся.

Аналитический прием решения по своей сущности предусматривает отделение вычислений от решения в общем виде, т. е. при этом способе сначала вся задача решается в общем виде, а затем производятся вычисления в обратном порядке, начиная с

последней формулы. Производить вычисления после каждой окончательной формулы не имеет никакого смысла, так как это нарушает четкость всего решения.

Остановимся теперь на втором способе решения многоформульных задач.

4. Синтетический способ решения задач

В противоположность аналитическому способу, при синтетическом способе решение задачи начинается не с искомой величины, а с данных в условии задачи величин. На основании известных учащимся закономерностей устанавливается связь данных величин или между собою, или с другими неизвестными величинами, которая выражается через соответствующую формулу. Так продолжается до тех пор, пока в формулу не войдет искомая в задаче величина.

Так, например, задача, приведенная выше (стр. 76), на определение среднего давления пороховых газов этим способом могла бы быть решена таким образом:

Зная скорость вылета пули и длину ствола и принимая при этом движение пули на этом участке пути за равномерно-ускоренное, мы можем найти ускорение этого движения из соотношения $a = \frac{v^2}{2l}$.

По ускорению движения и массе пули определяем на основании II закона Ньютона действующую на пулю силу, т. е. определяем среднюю силу давления пороховых газов

$$F = ma.$$

Далее по диаметру основания пули находим площадь, на которую действует сила давления

$$S = \frac{\pi D^2}{4}.$$

Наконец, по силе давления и площади определяем искомую в задаче величину—среднее давление пороховых газов $p = \frac{F}{S}$.

Дальнейшее решение может производиться таким же путем, как и при аналитическом способе. Только вычисления при этом способе производятся в том же порядке, в каком идут формулы при общем решении.

Чтобы еще раз установить разницу между аналитическим и синтетическим способами решения, приведем решение этими двумя способами следующей задачи:

„Автомобиль совершает пробег в 128,1 *км* со средней скоростью 40 $\frac{км}{час}$. Израсходовано бензину на этом пути 24,3 *кг*. Коэффициент полезного действия мотора 25%. Какую среднюю мощность развивает мотор автомобиля во время пробега?“ (Демидов, № 236).

Данная задача может быть предложена в IX классе при проработке темы: „Превращение тепловой энергии в механическую и

обратно“. Задача комбинированная, с хорошо подобранными для вычислений числовыми данными.

Перейдем к ее решению:

Автомобиль совершил пробег:

$S = 128{,}1$ *км* $= 128\,100$ *м*

$v = 40 \frac{км}{час} = \frac{40\,000}{3600} \frac{м}{сек}$

$m = 24{,}3$ *кг*

$\eta = 25\,\% = 0{,}25$

$q = 11\,000 \frac{ккал}{кг}$

$N = ?$

Из определения мощности, при аналитическом способе решения этой задачи, исходной формулой будет следующая:

$$N = \frac{W}{t},$$

где W — работа, полученная за счет полезно затраченной теплоты, а t — время, в течение которого эта работа совершалась.

На основании закона превращения тепловой энергии в механическую, механическую работу можно определить из такого соотношения

$$W = JQ_1.$$

Q_1 — полезно затраченная теплота — связана со всей теплотой, выделенной сгоревшим топливом, таким равенством

$$Q_1 = Q\eta.$$

В этом равенстве Q может быть уже определено из данных в условии задачи, а именно: $Q = qm$, где q — калорийность бензина.

Таким образом, работу мотора автомобиля можно выразить в виде такого уравнения

$$W = Jqm\eta.$$

Находим теперь второй член исходной формулы t по пройденному пути и средней скорости: $t = \frac{s}{v}$.

Подставляя буквенное значение для W и t в исходную формулу, мы получаем следующую общую формулу для нахождения искомой величины:

$$N = \frac{Jqm\eta v}{75s}.$$

Чтобы получить численное значение искомой величины, подставляем в общую формулу численные значения входящих в нее

величин и получаем после соответствующих сокращений и действий окончательный ответ

$$N = \frac{427 \cdot 11\,000 \cdot 24{,}3 \cdot 0{,}25 \cdot 40\,000}{75 \cdot 128\,100 \cdot 3\,600} \text{ л.с.} = 33 \text{ л.с.}$$

Ответ: $N = 33$ *л.с.*

При синтетическом способе решения этой задачи путь может быть такой:

Прежде всего можно определить теплоту, выделенную сгоревшим бензином, т. е.

$$Q = qm. \tag{1}$$

Затем, зная коэффициент полезного действия мотора, определяем полезно затраченную теплоту

$$Q_1 = \eta Q. \tag{2}$$

По полезно затраченной теплоте можно определить эквивалентное ей количество механической работы

$$W = JQ_1. \tag{3}$$

Далее по пройденному пути и средней скорости определяем время пробега

$$t = \frac{s}{v}. \tag{4}$$

Наконец, из (3) и (4) можно найти искомую величину — среднюю мощность

$$N = \frac{W}{75t}.$$

Дальнейшее решение не представляет никакой разницы с аналитическим способом.

Приведем еще один пример решения аналитическим и синтетическим способом комбинированной задачи из курса X класса.

„Электрическое поле образовано двумя разноименно наэлектризованными пластинками (рис. 1), расстояние между которыми 5 *см* и разность потенциалов 15 000 V. Какую скорость приобретает электрон в таком поле, пройдя расстояние 0,00006 *см* (это средняя величина пути, который может пройти электрон в атмосферном воздухе без столкновения с молекулами газа)? Масса электрона $9 \cdot 10^{-28}$ *г*, его заряд $48 \cdot 10^{-11}$ электростатических единиц“ (Демидов, № 973.)

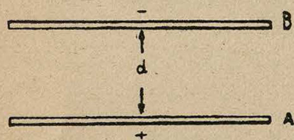


Рис. 1.

Эту задачу не бесполезно решить в X классе при прохождении первой темы, так как при ее решении не только закрепляются основные соотношения между величинами, характеризующими электрическое поле, но и повторяются основные понятия кинематики и динамики. Решение данной задачи необходимо проводить в классе, и нельзя, конечно, давать для самостоятельного решения дома.

Прежде всего выясним само содержание задачи. Какое поле образуется между двумя разноименно наэлектризованными пластинками? Что значит однородное электрическое поле? Постоянная или переменная электрическая сила действует в этом поле на электрон? В каком направлении он будет двигаться в таком поле? Какое движение будет совершать электрон под действием постоянной силы?

После такого предварительного анализа задачи переходим к самому решению.

Краткую запись условия производим в таком виде.

Электрон движется в однородном электрическом поле:

$U = 15\,000$ V $= 50$ CGSE потенциала

$d = 5$ *см*

$s = 6 \cdot 10^{-5}$ *см*

$e = 48 \cdot 10^{-11}$ CGSE заряда

$m = 9 \cdot 10^{-28}$ *г*

$v = ?$

При аналитическом способе решения устанавливаем прежде всего соотношение, дающее ответ на вопрос задачи. В данной задаче необходимо найти скорость при равномерно-ускоренном движении, если известен пройденный путь. Конечная скорость в этом движении выражается следующей известной из кинематики формулой:

$$v = \sqrt{2as}.$$

Эта формула в данном случае и будет исходной. В ней пройденный путь s дан в условии, а ускорение необходимо найти из данных в условии задачи.

Так как известна масса электрона (движущаяся масса), то ускорение определяем из основного уравнения динамики

$$a = \frac{F}{m},$$

где F—электрическая сила—зависит от напряженности электрического поля и от величины движущегося заряда, т. е.

$$F = Ee.$$

Но напряженность поля может быть выражена через разность потенциалов и расстояние следующим соотношением

$$E = \frac{U}{d}.$$

В последнем соотношении все величины известны из условия задачи. Следовательно, E, а затем F и a можно вычислить, а значит, можно найти искомую величину.

Не делая промежуточных вычислений, составляем общую формулу решения

$$v = \sqrt{\frac{2Ues}{dm}}.$$

Подставляем численное значение входящих в эту формулу величин и производим вычисления

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 50 \cdot 48 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 9 \cdot 10^{-28}}} \frac{см}{сек} =$$

$$= 8 \cdot 10^6 \sqrt{10} \frac{см}{сек} \simeq 25 \cdot 10^6 \frac{см}{сек} \simeq 250 \frac{км}{сек}.$$

Остановимся теперь на синтетическом способе решения этой задачи. При этом способе решения на основании данных в условии задачи — разности потенциалов и расстояния между пластинками — можно определить напряженность поля и затем силу, действующую на ряд электрона, т. е.

$$E = \frac{U}{d}$$

$$F = Ee.$$

Зная силу, действующую на электрон, и его массу, можно определить величину ускорения его движения

$$a = \frac{F}{m}.$$

Наконец, по ускорению и пути, находим скорость электрона

$$v = \sqrt{2as}.$$

Дальнейшее решение и при синтетическом способе сводится к получению общей формулы, которая, несомненно, будет такою же, как и при аналитическом способе, поэтому мы на этом не останавливаемся.

Сделаем теперь некоторые общие замечания относительно двух последних способов решения задач по физике — аналитического и синтетического.

Многие преподаватели и методисты считают, что синтетический прием решения более прост для учащихся, чем аналитический. Нам представляется, что синтетический способ решения вполне оправдывает себя только при решении более простых задач.

При решении же сложных задач учащиеся при таком способе решения обычно теряются и не знают, с чего начинать решение при большом количестве данных в условии задачи. Кроме того, сложная задача при синтетическом способе решения допускает часто несколько вариантов решения, причем отдельные простые задачи, на которые разлагается сложная задача, могут решаться в любом произвольном порядке, который зависит в большой мере от индивидуальных свойств решающего. Вот почему при решении задач этим способом чаще возможны случаи, когда учащийся станет „на такой путь соотношений, который не приведет его к искомой величине и заведет его, так сказать, в тупик“ (И. И. Соколов).

При аналитическом способе решения дело обстоит иначе: „простые задачи с большей логической необходимостью, чем при

синтетическом приеме, вытекают одна из другой, следуя в определенном порядке, мало зависящем от индивидуальных свойств решающего" (Арефьев).

На первых порах применение аналитического способа решения является, несомненно, делом трудным, и только продолжительная систематическая работа в его применении может дать плодотворные результаты.

Заметим кстати, что есть случаи, когда написать исходную формулу, т. е. применить аналитический способ, чрезвычайно трудно, тогда как решение задачи синтетическим способом не вызывает особых затруднений. Такую задачу не следует, конечно, пытаться решать аналитическим способом, а необходимо решать синтетическим способом. Вот пример такой задачи.

Задача. „В цирке иногда показывают фокус: на грудь человека ставят наковальню и на ней разбивают молотом камни. Масса молота 2 *кг*, скорость его в момент удара 10 $\frac{м}{сек}$. Человек при таких условиях опыта может выдержать на груди удар, кинетическая энергия которого не превосходит 2 *кГм*. Определить, какой наименьшей массой должна обладать наковальня, взятая для этого опыта. Удар считать неупругим" (Демидов, № 579.)

Эта задача не типовая, решать ее в классе не имеет никакого смысла, так как вопрос „удары тел" в программе не рассматривается. Мы приводим ее только потому, что отдельные учащиеся часто интересуются ее решением.

На основании закона сохранения количества движения можно определить скорость молота и наковальни после удара $mv = (m+M)v_1$, откуда

$$v_1 = \frac{mv}{m+M}. \qquad (1)$$

Зная кинетическую энергию удара и скорость движения v_1, определяем общую движущуюся массу из такого соотношения:

$$\frac{(m+M)\,v_1^2}{2} = E. \qquad (2)$$

Подставляя в эту формулу значение v_1 из первого соотношения, получаем

$$E = \frac{(M+m)\,m^2v^2}{2\,(M+m)^2}.$$

Откуда после соответствующих преобразований имеем

$$E = \frac{m^2v^2}{2\,(M+m)}. \qquad (3)$$

Из этого уравнения и определяем искомую величину

$$M = \frac{m^2v^2 - 2mE}{2E};\; M = \frac{0{,}04 \cdot 100 - 2 \cdot 0{,}2 \cdot 2}{2 \cdot 2} = 1 - 0{,}2 =$$

$$= 0{,}8, \text{ т. е. } M \approx 8 \text{ кг},$$

$$M = 8 \text{ кг}.$$

Все это говорит за то, что в каждом отдельном случае надо выбирать наиболее подходящий для данной задачи способ решения, исходя из ее содержания.

Сопоставляя оба эти способа решения, можно видеть, что при правильном решении синтетический способ в точности воспроизводит в обратном порядке решение аналитическим способом. Таким образом, одна и та же многоформульная задача может быть с одинаковым успехом решена как аналитическим, так и синтетическим способом.

Применение аналитического способа в старших классах может дать более эффективные результаты, чем синтетический, особенно при решении сложных комбинированных задач, так как по своей сущности этот способ предупреждает неверный путь решения, указывая постепенный план развития исходной формулы. Вот почему педагогическая практика при решении сложных задач отдает предпочтение этому способу решения задач.

Перечисленные нами способы решения являются, как уже отмечалось, основными способами решения задач в первом и втором концентре. Кроме них, в отдельных случаях могут применяться с успехом другие способы и приемы, к рассмотрению которых мы и перейдем.

5. Графический способ решения задач

Графический способ состоит в построении соответствующих графиков или векторных чертежей, на которых численное значение искомой величины находится непосредственным измерением отрезков прямой в принятом масштабе; иногда может быть также произведено измерение углов или определение площадей (например, при пользовании индикатором).

Графический способ решения следует усиленно рекомендовать для решения многих задач из различных отделов физики (особенно механики и оптики) не только потому, что он часто упрощает самое решение задачи и делает наглядным разбираемое физическое явление, но еще и потому, что при недостаточных математических знаниях он в некоторых случаях является единственно возможным способом решения.

„Графический путь решения некоторых физических задач целесообразен в педагогическом отношении еще и тем, что учащийся приобретает навыки к работе с линейкой и лекалом, уменье выбирать нужную сетку, масштаб и по выбору последнего оценить примерно степень погрешности получаемого результата".[1]

Необходимо отметить, что графический способ дает всегда приближенное решение и на это преподаватель должен указать учащимся.

К таким задачам необходимо отнести прежде всего задачи на нахождение равнодействующей двух сил по их величине и углу между их направлением; разложение данной силы на две соста-

[1] Л. И. Резников. „Физика в школе", 1946, № 1.

вляющие, действующие под углом друг к другу и параллельно; установление зависимости величины равнодействующей силы от угла между составляющими силами; нахождение высоты и дальности полета при различных углах возвышения. Большинство из этих задач не может быть решено вычислением при прохождении соответствующего программного материала в VIII классе из-за отсутствия у учащихся необходимых для этого математических знаний, графическое же решение такого рода задач не вызывает особых трудностей. При таком способе решения главное внимание должно быть обращено на точное выполнение чертежа в определенном масштабе.

Приведем примеры графического решения разных типов задач.

Задача. „Найти графически равнодействующую двух сил в 30 *кГ* и 40 *кГ*, если угол между их направлениями 120°."

$$F_1 = 30\ кГ;\ F_2 = 40\ кГ;\ \alpha = 120°;\ R = ?$$

Установив масштаб, например, 1 *см* за 10 *кГ*, строим параллелограм по сторонам и углу, заключенному между ними (рис. 2). Диагональ полученного параллелограма будет изображать искомую равнодействующую. Далее, измеряя по масштабу величину этой диагонали, мы получим величину равнодействующей; в данном случае она равна приблизительно 39,6 *кГ*.

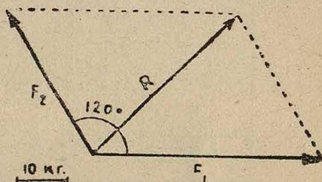
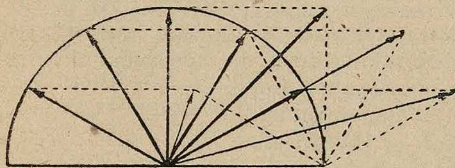


Рис. 2.

Задача. „Установить графически зависимость равнодействующей двух сил от величины угла между составляющими силами".

Для решения этой задачи строим параллелограмы в одном и том же масштабе, причем стороны всех параллелограмов берем одинаковые, углы же между сторонами соответственно равны 30°, 60°, 90°, 120° (рис. 3).


Рис. 3.

Измеряя диагонали полученных параллелограмов, делаем соответствующий вывод.

Задача. Найти высоту и дальность полета тела, получившего скорость 49 $\frac{м}{сек}$, под углом в 30°, 45° и 60° к горизонту. (Сопротивлением воздуха пренебречь.)"

Графическое решение этой задачи может быть такое: из начала координатных осей проводим лучи под данными углами, на которых в установленном масштабе откладываем отрезки, равные скорости. Из точек отложения опускаем пунктирные вертикальные линии, на которых в том же масштабе откладываем пути, проходимые свободно падающим телом за 1, 2, 3 и т. д. секунды, т. е. 4,9 *м*, 19,6 *м*, 44,1 *м* и т. д. По полученным точкам строим па-

раболы — траектории движения (рис. 4). Отрезок *OD* даст нам в масштабе дальность полета при углах бросания в 30° и 60°, а отрезок *OE* — дальность полета при угле бросания в 45°. Ординаты высших точек парабол (h_1, h_2, h_3) дают в масштабе высоты наибольшего поднятия тел. Графическое решение этой задачи дает результат, близкий к результату аналитического решения, т. е. степень точности результата вполне допустимая.

Рис. 4.

Приведем теперь графическое решение задачи на разложение данной силы на две параллельные, действующие в одном направлении.

Задача. „На качелях сидит человек весом $P = 64$ *кГ*. Определить силы, растягивающие веревки качелей, если длина $AB = 2$ *м*, а человек сидит от *A* на расстоянии $AC = 0{,}5$ *м* (рис. 5)“. (Демидов, № 371.)

При графическом решении этой задачи чертеж строится таким образом. На отрезке *AB*, изображающем в масштабе расстояние между точками приложения составляющих сил, строим прямоугольник *ABDE*, стороны которого *BD* и *AE* изображают в масштабе действующую в точке *C* силу *P* (рис. 6), вектор которой равен *CK*. Проведя диагональ в этом прямоугольнике *BE*, мы разде-

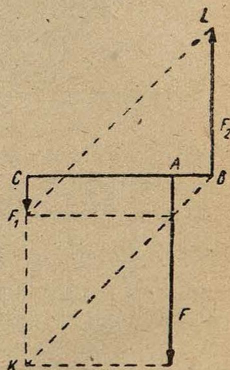


Рис. 7.

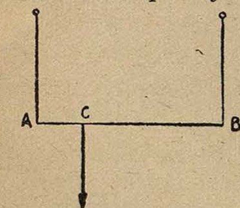


Рис. 5.

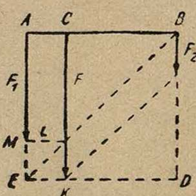


Рис. 6.

лим вектор данной силы в точке *L* на части, равные векторам составляющих сил $CL = F_1$ и $LK = F_2$ (в Δ *EAB* отрезок $LM \parallel AB$, поэтому $\frac{EM}{AM} = \frac{AC}{CB}$ или $\frac{F_2}{F_1} = \frac{AC}{CB}$).

Точно так же графически решается задача на разложение данной силы на две параллельные противоположного направления; для этой задачи соответствующий чертеж дан на рис. 7.

На этом рисунке дано графическое решение задачи № 374 (Демидов).

Мы привели здесь решение задачи на разложение силы на две параллельные составляющие одинакового и противоположного направления графическим способом не потому, что его надо широко использовать при решении этих задач, а только для того, чтобы показать, что и эти задачи можно также решать графическим способом, и что такое решение полезно показать учащимся.

Графическим способом можно также решать некоторые задачи на равномерно-прямолинейное движение. В качестве примера приведем хотя бы такую простую задачу:

„Из двух точек A и B, расположенных на расстоянии 90 *м* друг от друга, одновременно начали движение два тела по линии AB в направлении от A к B. Тело, движущееся из A, имеет скорость в 5 $\frac{м}{сек}$, а тело, движущееся из B, — скорость в 2 $\frac{м}{сек}$. Через сколько времени первое тело догонит второе? Какие расстояния пройдут тела?“ (Демидов, № 458.)

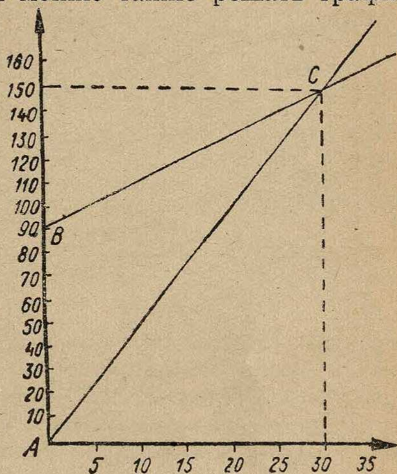


Рис. 8.

При графическом решении этой задачи необходимо по данным условия построить на осях прямоугольной системы координат графики пути первого и второго тел, для чего по оси абсцисс откладываем время, а по оси ординат — пройденное расстояние. Абсцисса точки пересечения этих графиков дает искомое время, а ординаты, считая от точек A и B, пройденные обоими телами расстояния (рис. 8).

Относительно приведенной задачи необходимо отметить, что подобного рода задачи являются типичными задачами математического характера на составление уравнений, а потому решением их следует заниматься на уроках математики. На уроках же физики можно решать только одну-две задачи графическим способом для закрепления вопроса „График пути и скорости равномерно-прямолинейного движения“.

Приведем далее графическое решение простой задачи на равномерно-переменное движение.

„Одно тело движется равномерно-ускоренно с начальной скоростью 10 $\frac{м}{сек}$ и ускорением 2,5 $\frac{м}{сек^2}$, а другое тело равномерно-

замедленно с начальной скоростью 25 $\frac{м}{сек}$ и отрицательным ускорением 1,25 $\frac{м}{сек^2}$. Через сколько времени они будут иметь одинаковую скорость и какую именно?"

Для графического решения этой задачи на одних и тех же координатных осях строим графики скоростей обоих движущихся тел. Абсцисса и ордината точки пересечения этих графиков дадут такой ответ на вопрос задачи (рис. 9):

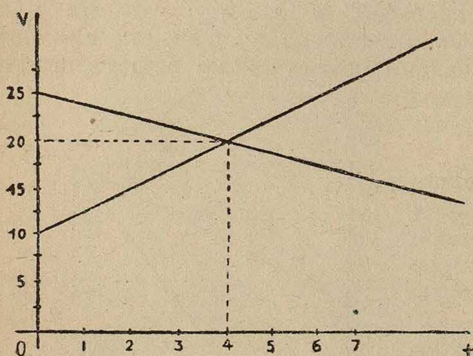


Рис. 9.

Через 4 сек. скорости обоих тел равны 20 $\frac{м}{сек}$.

Решение графическим путем более сложных задач на механическое движение также возможно, но в некоторых случаях трудно выполнимо из-за сложной техники построения соответствующего чертежа. По этой причине нам представляется реально невыполнимым графическое решение задачи на определение глубины колодца (Демидов, № 487), так как прямая — график движения воздушной волны, вызванной ударом камня при падении в воду, должна быть построена с углом наклона к горизонтальной оси, примерно, в 89°50′ (tg этого угла равен — 330), т. е. угол должен отличаться от прямого угла на 10′ (условие технически невыполнимое в школьной обстановке).[1]

Многие задачи на вычисление механической работы также могут быть решены проще и нагляднее графическим способом.

Приведем только один пример из курса IX класса.

Задача. „Какую работу нужно совершить, чтобы резиновый шнур длиною 1 *м* удлинить на 10 *см*, если площадь поперечного сечения шнура 1 *см*²?". (Демидов, № 89.)

Для графического решения этой задачи строим график следующим образом: по оси абсцисс откладываем отрезки, пропорциональные абсолютному удлинению Δl, а по оси ординат — отрезки, пропорциональные силам F для соответствующих удлинений. График будет прямая, удовлетворяющая уравнению $F = k\Delta l$, где

---

[1] Указанная здесь задача приведена в качестве примера на графическое решение задач в статье Л. И. Резникова в журн. „Физика в школе", 1946, № 1, без чертежа, но с таким указанием:

„На прямоугольной сетке с равномерными шкалами строят параболу (график падения камня) и прямую (график движения воздушной волны, вызванной ударом камня в воду).

Ордината точки пересечения параболы с прямой равна глубине колодца.

Прямую вычерчивают так, чтобы она проходила через точку (4,0) и с углом наклона, тангенс которого равен v'' — скорости звука.

k — коэффициент, численно равный силе, производящей удлинение шнура на 1 *см*. В данном случае $k = 0{,}1\ \frac{кГ}{см}$, а работа выражается площадью треугольника AOB (рис. 10), т. е.

$$W = \frac{F\Delta l}{2}; \quad W = \frac{0{,}1 \cdot 10 \cdot 0{,}1}{2}\ кГм = 0{,}05\ кГм$$

$$W = 0{,}05\ кГм$$

При алгебраическом решении этой задачи рассуждения могут быть, примерно, такие: работа производится силой, равномерно увеличивающейся от 0 до F, на расстоянии, равном удлинению шнура. Для вычисления работы необходимо среднюю силу умножить на расстояние:

$$W = F_{ср}\Delta l$$

$$F_{ср} = \frac{0 + F}{2};$$

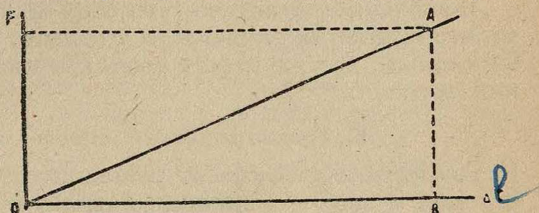


Рис. 10.

F — определяем на основании закона Гука: $\Delta l = \frac{lF}{ES}$

$$F = \frac{E\Delta lS}{l}; \quad F = \frac{0{,}1 \cdot 10 \cdot 100}{100}\ кГ = 1\ кГ$$

$$W = \frac{1 \cdot 0{,}1}{2}\ кГм = 0{,}05\ кГм.$$

Приведем еще один пример решения задач графическим способом из отдела „Электричество".

Задача. „Два небольших тела A и B с зарядами в $+20$ и -10 эл.-ст. единиц находятся на взаимном расстоянии 12 *см*. Определить напряженность и направление электрического поля в точке C на расстоянии 10 *см* от A и B (решить графически)". (Сондерс.)

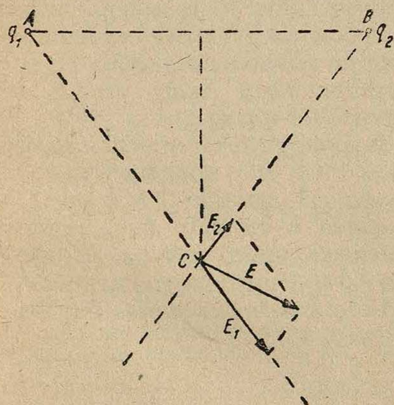


Рис. 11.

Графическое решение этой задачи дано на рис. 11, где AB — изображает в масштабе расстояние между зарядами, $AC = CB$ изображает расстояние от данных зарядов до точки C. Вектора E_1 и E_2 изображают напряженности в точке C от обоих зарядов, соответственно равные $\left(E_1 = \frac{q_1}{\varepsilon r^2},\ E_2 = \frac{q_2}{\varepsilon r^2}\right)$ 0,2 CGSE и 0,1 CGSE. Вектор E в масштабе выражает результирующую напряженность от обоих зарядов в точке C, а направление этого век-

тора дает направление электрического поля в точке C. Величина напряженности E, измеренная по масштабу, равна 0,2 CGSF напряженности.

Добавим, что многие задачи по оптике можно также решать этим способом, но мы здесь на решении этих задач не останавливались, так как, нам думается, эти решения выходят уже за пределы курса средней школы.

Приведенных примеров будет достаточно для того, чтобы уяснить сущность и значение графического способа решения задач по физике.

Необходимо отметить, что этот способ решения, несмотря на то, что во многих случаях он упрощает решение, делает его более наглядным, все же может быть использован в сравнительно редких случаях.

6. Геометрический способ решения задач

Геометрический способ решения состоит в том, что значение искомой в задаче величины находится из соотношения, которое устанавливается на основании правил геометрии или тригонометрии.

При этом способе также существенную часть решения задачи составляет построение соответствующего графика или чертежа. Однако, в отличие от графического способа решения, чертеж или график здесь используются не для получения окончательного ответа, а для отыскания известных геометрических соотношений между данными и искомыми величинами. Найденные геометрические соотношения дают возможность найти искомую в задаче величину, т. е. решить задачу. Для иллюстрации только что сказанного приведем решение графическим и геометрическим способом следующей типовой задачи на разложение силы на две составляющих под углом из курса VIII класса.

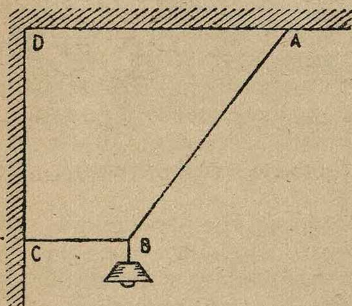


Рис. 12.

Задача. „Электрическая лампа весом 0,4 *кГ*, подвешенная на шнуре AB длиною 2 *м* (рис. 12), отведена в сторону посредством горизонтального шнура BC длиною 0,8 *м*. Определить натяжение шнуров AB и BC, если расстояние $DA=2$ *м*." (Демидов, № 394.)

Электрическая лампа на шнуре (рис. 12).

$$AB = 2\ м$$
$$BC = 0{,}8\ м$$
$$AD = 2\ м$$
$$P = 0{,}4\ кГ$$
$$F_1 = ?$$
$$F_2 = ?$$

Прежде всего строим схематический чертеж (рис. 13) в определенном масштабе, приняв расстояние в 1 *м* за 2 *см*, а силу в 0,2 *кГ* за 1 *см*. Затем, разлагая вес груза на две составляющих по направлению шнуров *AB* и *BC*, строим параллелограм.

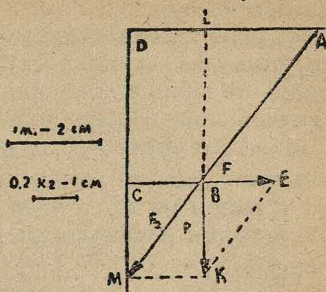


Рис. 13.

При графическом способе решения остается теперь по масштабу измерить величину векторов *BM* и *BE*. Полученное численное значение в масштабе и дает искомые величины.

При геометрическом способе решения величину составляющих находим из соотношений, выведенных из подобия треугольников *BEK* и *BLA*.

$$\frac{F_1}{P} = \frac{AL}{BL} \quad (1) \qquad AL = AD - DL = AD - CB = 1{,}2\ м.$$

$$BL^2 = AB^2 - AL^2$$

$$\frac{F_2}{P} = \frac{AB}{BL} \quad (2) \qquad BL = \sqrt{4 - 1{,}44} = 1{,}6\ (м)$$

$$F_1 = \frac{0{,}4 \cdot 1{,}2}{1{,}6} = 0{,}3 \qquad F_1 = 0{,}3\ кГ$$

$$F_2 = \frac{0{,}4 \cdot 2}{1{,}6} = 0{,}5 \qquad F_2 = 0{,}5\ кГ.$$

При решении подобного рода задач любым из указанных способов чертеж имеет первостепенное значение.

При решении задач геометрическим способом на практике и в учебной литературе (Соколов, Курс физики, ч. 1, § 68) часто допускается формальная ошибка, когда берется отношение между элементом векторных и линейных фигур. Например, при разложении веса груза на кронштейне пишется такое соотношение

$$\frac{P_1}{AB} = \frac{P}{AC} = \frac{P_2}{BC}.$$

Нам думается, следует это соотношение писать в таком виде

$$\frac{P_1}{P} = \frac{AB}{AC} \quad и \quad \frac{P_2}{P} = \frac{BC}{AC}$$

на том основании, что можно сравнивать силу с силой, а не с расстоянием.[1]

---

[1] Эти соотношения, по нашему мнению, совершенно нельзя отождествлять с отношениями между физическими величинами, устанавливающими то или иное свойство тел и выражающими результаты опыта. Например: на основании опыта по II закону Ньютона мы получаем такое соотношение: $\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_3}{a_3} = \ldots$ и т. д. На основании опыта по закону Ома для участка цепи мы получаем такое соотношение: $\frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_3}{I_3} \ldots$ Это отношение для данного участка электрической цепи есть величина постоянная и характеризует сопротивление участка, точно так же, как первое отношение определяет массу движущегося тела.

Добавим, что эти задачи еще проще решаются в том случае, если учащиеся уже знакомы с элементами тригонометрии (умеют решать прямоугольные треугольники). В этом случае само условие задачи видоизменяется: вместо линейных размеров дается, например, угол $\angle BA = \alpha = 30°$. Тогда при решении задачи не надо отыскивать подобные фигуры, а используются те или другие тригонометрические соотношения, и ответ получается сразу.

Приведем такого рода задачу.

Задача. „Найти силы, действующие на укосину AC и балку. Груз P равен 60 *кГ* и угол BAC равен 60°. Каковы реакции укосины и балки и каковы их направления?" (Рис. 14 и 15.)

Решение:

Сила P разлагается на F_1, сжимающую укосину AC, и F_2, растягивающую балку AB. Треугольник сил при решении дает

$$F_2 = P \operatorname{tg} 30° = 20\sqrt{3}\ кГ;$$
$$F_1 = 2F_2 = 40\sqrt{3}\ кГ^1.$$

Рис. 14.

Рис. 15.

Геометрическим способом можно также решать задачи на равномерно - переменное движение, причем при этом решении используется график скорости этого движения, почему в методической литературе такое решение относится к графическому способу. Приведем решение геометрическим способом следующей задачи на равномерно-ускоренное движение:[2]

„Поезд, идя по горизонтальному пути равномерно со скоростью $36 \frac{км}{час}$, переходит (под гору) на равномерно-ускоренное движение и, пройдя расстояние в 720 *м*, развивает скорость в $50{,}4 \frac{км}{час}$. Найти ускорение и время спуска с горы".

Записываем кратко условие задачи:

Поезд идет под гору

$$v_0 = 36 \frac{км}{час} = 10 \frac{м}{сек}$$
$$v = 50{,}4 \frac{км}{час} = 14 \frac{м}{сек}$$
$$s = 720\ м$$

$$a = ?$$
$$t = ?$$

[1] Кельзи, Красиков и Попов. Задачник по физике. 1931 (задача № 96).

[2] Знаменский и др. Методика преподавания физики в средней школе. 1938, стр. 95.

Прежде всего строим график скоростей (рис. 16). Так как никакие измерения на этом графике производиться не будут и график имеет здесь вспомогательное значение, то точное построение его необязательно, а достаточно провести прямую, наклонную к оси времени.

Площадь полученной трапеции $OKMN$ по правилу вычисления пути равномерно-переменного движения равна по условию 720 единицам, а ее основания равны $OK = 10$ и $MN = 14$ единицам. Зная площадь и основания трапеции, можно найти ее высоту ON, которая в данном случае даст численное значение неизвестного времени.

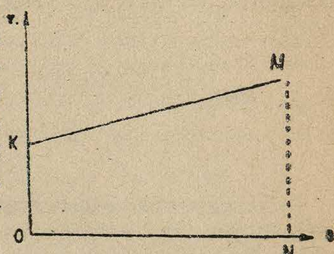


Рис. 16.

Для нахождения времени имеем такое уравнение

$$\frac{10 + 14}{2} \cdot t = 720 \text{ или } 12\,t = 720, \text{ откуда } t = \frac{720}{12} = 60 \text{ сек.}$$

Далее, вторая искомая величина — ускорение — легко находится из известной формулы

$$a = \frac{v - v_0}{t}; \quad a = \frac{4}{60} \simeq 0{,}06 \frac{м}{сек^2}.$$

При этом способе математическая сторона решения упростилась: вместо системы уравнений 2-й степени ($v = v_0 + at$; $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$), которую нужно было бы использовать при алгебраическом способе решения, при данном способе решение свелось к одному уравнению 1-й степени.

Таким образом, применение геометрического способа при решении задач на равномерно-переменное движение позволяет в VIII классе в начале года решать такие задачи, для решения которых по готовым формулам необходимо знание теории полного квадратного уравнения, чего нет в это время у учащихся.

Если не применять к решению таких задач геометрического приема, то все же их можно решать и алгебраическим способом, не прибегая к полным квадратным уравнениям, а используя среднюю скорость движения.

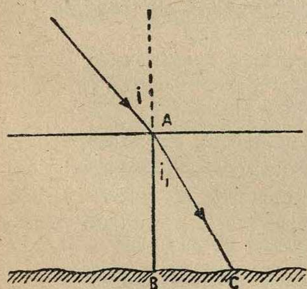


Рис. 17.

Геометрический способ имеет также широкое применение при решении задач по оптике. Вот пример:

Задача. „В дно пруда вертикально вбит шест высотою в 1 *м*. Определить длину тени от шеста на дне пруда, если лучи солнца

падают на поверхность воды под углом 38°, а шест целиком находится под водой". (Демидов, № 1051).

При решении этой задачи прежде всего строится соответствующий чертеж (рис. 17), а затем на основании правила тригонометрии и законов преломления света производится решение в таком виде: $BC = AB \operatorname{tg} i_1$. Угол i_1 определяется по его синусу

$$\sin i_1 = \frac{\sin i}{n},$$

$$\sin i_1 = \frac{0{,}6157 \cdot 3}{4} = 0{,}4617; \ \angle i_1 = 27°30; \operatorname{tg} i_1 = 0{,}5206$$

$$BC = 100 \cdot 0{,}5206 \simeq 52 \ (см)$$

$$BC = 52 \ см.$$

Применение геометрического способа, как и чисто-графического, упрощает во многих случаях технику вычислений, поэтому оба эти способа можно широко применять при решении задач.

7. Устное решение задач

Устное решение задач, как показывают наблюдения за работой школ, не пользуется широким распространением на практике, и это, нам думается, является серьезным недочетом в работе. Так как для устного решения, как общее правило, подбираются простые задачи, в которых физический смысл не замаскирован подробностями, то устное решение прежде всего можно с пользой применить для конкретизации физических понятий. Установление тех или иных физических понятий целесообразно сопровождать устным решением соответствующих примеров и задач.

Вот примеры для устного решения в таких случаях.

Сколько теплоты необходимо для нагревания 10 *г* (10 *кг*) воды на 1° С? Сколько теплоты выделяет 1 *кг* железа при охлаждении на 100° С, если удельная теплоемкость железа 0,1?

Какое ускорение сообщает сила в 10 дин телу массой в 1 *г*?

Какую работу необходимо затратить при перемещении заряда в 1 кулон между точками электрического поля с напряжением 10 V?

Какое количество электричества протекает через поперечное сечение проводника в 1 сек. при силе тока в 5 А?

Сколько теплоты выделяется в лампочке мощностью в 100 ватт за каждую секунду?

Подобные примеры можно было бы привести по любому отделу физики, но и приведенных достаточно для того, чтобы показать их значение.

Устное решение задач может быть с пользой применено при установлении и выяснении физических закономерностей. Для конкретизации установленных закономерностей и соотношений между величинами поможет устное решение примерно таких простых задач.

1. Сколько теплоты необходимо для плавления 5 *кг* льда, взятого при 0°?

2. Какое ускорение сообщит телу сила в 30 *кГ*, если сила в 10 *кГ* сообщает ему ускорение 10 $\frac{см}{сек^2}$?

3. Какая сила сообщит телу ускорение $1{,}5\,\frac{см}{сек^2}$, если сила в 5 *кГ* сообщает ему ускорение $0{,}3\,\frac{см}{сек^2}$?

4. Масса винтовки в 450 раз больше массы пули. Какова скорость „отдачи" винтовки при выстреле, если пуля вылетает со скоростью 900 $\frac{м}{сек}$?

5. Показание барометра увеличилось на $\Delta h = 5$ *см* рт. ст. На сколько увеличилась сила давления атмосферы на каждый $дм^2$ поверхности земли?

6. Некоторая масса газа находится под давлением 75 *см* рт. ст. Каково должно быть давление, чтобы та же масса занимала $\frac{3}{4}$ прежнего объема?

7. Во сколько раз угловая скорость часовой стрелки часов больше угловой скорости суточного вращения земного шара?

8. Каково отношение между линейными скоростями концов минутной и секундной стрелок часов, если минутная стрелка в 2 раза длиннее секундной?

9. При расстоянии между пластинками конденсатора в 1 *мм* напряжение плоского конденсатора равно 100 V. Каково будет напряжение при расстоянии между пластинками в 10 *мм*?

10. При силе тока в 10 А свинцовый предохранитель расплавился через 0,02 сек. Во сколько времени он расплавился бы при силе тока в 20 А?

11. Удельное сопротивление латуни вчетверо больше удельного сопротивления меди. Медная проволока длиною в 50 *м* имеет сопротивление в 10 *ом*. Какова будет длина латунной проволоки такого же диаметра и с таким же сопротивлением, как и медная?

12. Чему равно внутреннее сопротивление элемента, если при замыкании его сопротивлением в 2 ома напряжение на полюсах элемента оказалось равным половине его э. д. с.?

13. Два проводника имеют одинаковую длину, а площади сечений их относятся, как 1 : 2. Как относятся количества теплоты, выделяемые в проводниках, если они соединены: а) последовательно? б) параллельно?

14. Две медные проволоки имеют одинаковую массу, а длина одной в 3 раза больше другой. Во сколько раз сопротивление одной проволоки больше другой?

15. В осветительную сеть включены две лампы в 50 *вт* и 100 *вт*. У какой лампы сопротивление больше, если напряжение в сети 120 вольт? Какая из них будет гореть ярче при последовательном включении в эту сеть?

16. Два проводника имеют сопротивление $r_1 = 2$ ома и $r_2 = 4$ ома. Определить силу тока в каждом проводнике при последовательном и параллельном их включении между точками цепи, где разность потенциалов в обоих случаях равна 12 вольтам.

17. Электрический нагреватель включается сначала в сеть с напряжением в 120 вольт, затем в сеть с напряжением 240 вольт. В какой сети и во сколько раз в нагревателе будет выделяться большее количество теплоты? и т. д.

Приведенные здесь примеры показывают, что преподаватель может предлагать их учащимся при объяснении любой формулы, любой физической закономерности. Такие же примеры могут сопровождать те или другие количественные или качественные демонстрации.

В отдельных случаях после устного решения подобных примеров можно рекомендовать учащимся произвести запись решения. Так например, решение задачи 7 может быть записано так:

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} \qquad \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1} \qquad \frac{T_2}{T_1} = \frac{24}{12} = 2$$

$$\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2} \qquad \frac{\omega_1}{\omega_2} = 2.$$

Соотношение $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1}$ учащиеся могли бы написать сразу, если бы они ясно осознавали, что угловая скорость вращения обратно пропорциональна периоду вращения.

Кроме указанных простых задач-примеров, устное решение можно и очень полезно применять при разборе более сложных задач, главным образом, с целью проверки результата решения другими способами. В таком случае устное решение чаще всего проводится с округленными числами. Надо развивать у учащихся навык при решении сложных задач получать устно приближенный ответ, оперируя с округленными числами.

Устное решение особенно широко можно использовать при решении задач по готовой формуле.

Устно можно решать такую, например, задачу в VIII классе:

„Автомобиль весом 900 *кГ* спускается с тормозом по склону холма с постоянной скоростью 12 $\frac{м}{сек}$. Уклон составляет 1 *м* на каждые 10 *м* пути. Определить силу трения".

Так как движение автомобиля равномерное, то, следовательно, сила трения равна и противоположна силе скатывания, которая по условию равновесия тела на наклонной плоскости в данном случае в 10 раз меньше веса автомобиля. Отсюда сила трения равна 90 *кГ*. Таким образом, ответ на вопрос задачи получается устно. Можно при решении такой задачи для большего уяснения ее содержания разобрать такие вопросы: „Если паровоз везет состав по прямому горизонтальному пути равномерно, то что можно сказать о силе тяги паровоза и силе сопротивления движению поезда?"

В этом случае сила тяги паровоза равна силе сопротивления.

„Чему равна сила сопротивления воды движению баржи, если буксир ведет ее равномерно, развивая силу тяги в 500 *кГ*?"

Подобного рода вопросы и задачи, разбираемые устно, помогают уяснить механические и физические процессы, помогают сознательному решению задач любым способом.

Учащиеся в массе обычно очень интересуются устным решением задач, устное решение всегда создает известный настрой в классе, повышает активность класса, вызывает здоровое соревнование. Вот почему, нам думается, по примеру некоторых преподавателей математики, проводящих систематически для „умственной зарядки" устный счет, небесполезно как можно чаще использовать устное решение задач и по физике.

Подводя итоги всему сказанному о способах решения задач, мы должны еще раз повторить следующую мысль: применение того или иного способа решения зависит как от содержания решаемой задачи, так и от знаний и навыков учащихся, их общего и математического развития. Из всех перечисленных способов наиболее широкое применение имеет все же алгебраический способ, причем при решении сложных, комбинированных задач можно рекомендовать применение аналитического метода. В первом же концентре преподавания физики нельзя увлекаться алгебраическим

способом решения, а надо всемерно использовать арифметический способ. Преждевременный переход к алгебраическому способу может приучить учащихся к механическому решению, с чем нужно всегда бороться. Так как графический способ и то, что мы назвали выше геометрическим способом, облегчают и упрощают решение некоторых задач по механике, то этим способам при решении соответствующих задач следует уделить достаточное внимание. Надо использовать во всех классах устное решение задач.

В заключение необходимо сказать следующее:

Всякий способ и прием решения задач хорош, если только он сознательно усвоен учащимися и сознательно применяется ими. В каждом отдельном случае, особенно в старших классах, будет лучшим тот способ и тот прием, которые ближе приводят к конечной цели и лучше осознаются учащимися. Необходимо только, чтобы учащиеся вкладывали физический смысл в каждую написанную ими формулу, умели оценить результат, полученный от того или иного действия, понимали, почему данный прием решения приведет их ближе к цели. Если преподаватель будет помнить об этом, то при решении отдельных задач он будет учитывать удачные предложения, поступающие со стороны учащихся, и не будет считать предложенный им способ единственно возможным. Приучая учащихся к использованию определенных способов решения того или другого типа задач, преподаватель должен бороться с механичностью решения, с трафаретностью.

ГЛАВА VIII

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ОТДЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ

1. Этапы решения задач по физике

Решение каждой вычислительной задачи по физике прежде всего распадается на две части — физическую и математическую.

Физическую часть решения задачи составляют, во-первых, уяснение физического процесса или явления, определяющего содержание задачи, нахождение количественных зависимостей между известными и искомыми величинами и, во-вторых, составление соответствующих формул, уравнений на основании тех или иных имеющихся опытных и теоретических данных. К этой же стороне решения относится и усвоение физического смысла как каждого отдельного уравнения и результата его решения, так и окончательного результата.

Математическую сторону решения составляют всякого рода преобразования и решение составленных уравнений для нахождения искомых величин путем применения математических правил, а также самые вычисления.

Не вызывает никакого сомнения, что физическая сторона решения задачи является именно тем, ради чего эти задачи реша-

ются на уроках физики. Что касается математической стороны решения, то она, строго говоря, уже выходит за пределы физики, поэтому математический элемент при решении физических задач должен быть всегда подчинен физическому элементу, должен выполнять служебную роль.

Однако следует заметить, что на практике в общем процессе решения той или иной задачи часто бывает трудно провести строгую грань между физической и математической стороной решения. Отсюда всякое деление всего решения задачи на „столбец физики", „столбец алгебры", „столбец арифметики"[1] надо признать искусственным. Постоянно проводить такое деление при решении и приучать к этому учащихся значило бы вводить новую трудность в самом внешнем оформлении. Это вовсе не значит, что у учащихся не нужно развивать определенных навыков в оформлении решения (об этом будет сказано ниже), а это значит, что при решении той или другой задачи не надо вводить ничего искусственного и исходить в каждом отдельном случае из содержания самой задачи и из возможных способов ее решения.

Рассмотрим теперь те этапы, из которых, с нашей точки зрения, должен складываться весь процесс решения задачи в целом.

Прежде чем приступить к решению той или иной задачи, преподаватель должен убедиться в том, что все термины и понятия в условии ясны для учащихся. Отсюда выяснение непонятных терминов и понятий условия является первым этапом после чтения задачи. Одновременно с этим внимание учащихся фиксируется на данных и искомых величинах условия задачи и рассматривается физическое явление, о котором в задаче говорится. Все это приводит к следующему этапу решения — краткой записи условия. Здесь же полезно установить систему единиц, в которой будет производиться решение, чтобы произвести нужные изменения в числовых значениях и наименованиях, входящих в условие величин. Перечисленные этапы являются предварительными и приводят к основному этапу—самому решению задачи. Решение физических задач заключается в выяснении физической сущности задачи, физического процесса или явления, которые в задаче описываются.

Вместе с выяснением физического смысла задачи устанавливаются те закономерности, которые определяют зависимость между входящими в задачу величинами. Это приводит при алгебраическом способе решения к составлению определенных формул, уравнений, при графическом и геометрическом способе — к построению определенного чертежа. Следующим этапом решения являются вычисления, т. е. нахождение числового значения искомой величины. В многовопросных задачах приходится производить ряд предварительных вычислений для нахождения данных, необходимых для определения искомой величины. В отдельных случаях, при получении общей формулы решения, численные значения величин, определяющих искомую, не вычисляются. При

[1] „Физика в школе". 1937, № 4, статья Лютцау.

арифметическом способе решения отсутствует составление каких бы то ни было формул.

Наконец, последним этапом в решении будет выяснение физического смысла самого ответа задачи. Таким образом, весь процесс решения той или иной задачи по физике в целом складывается из следующих этапов:

1. Чтение условия задачи.
2. Объяснение непонятных терминов и восстановление в памяти соответствующих понятий.
3. Предварительный анализ задачи для выяснения ее физического смысла.
4. Краткая запись условия.
5. Установление системы единиц, в которой будет производиться решение.
6. Установление физических закономерностей и составление соответствующих уравнений или построение соответствующего чертежа.
7. Нахождение численного значения величин, определяющих искомую величину, или получение общей формулы, или производство необходимых измерений на чертеже.
8. Нахождение численного значения искомой величины.
9. Окончательный ответ и его физический смысл.

Если добавить к этому перечню еще рабочий чертеж, который является существенно необходимым элементом при решении многих задач, то мы учтем все моменты, какие необходимо иметь в виду при решении задач любым способом.

Остановимся на некоторых из перечисленных этапов решения и укажем их значение.

Прежде всего следует обращать внимание учащихся на самое чтение условия задачи. Наблюдения показывают, что учащиеся обычно „не вчитываются" в условие задачи, не запоминают и не уясняют его содержания, и это при самостоятельном решении часто является одной из причин, по которой задача у учащихся „не выходит". Вот почему при коллективном решении необходимо приучать учащихся повторять условие задачи до тех пор, пока оно не будет усвоено.

Следует далее остановиться на краткой записи условия задачи. Этот этап при решении не является формальным требованием, а имеет глубокий педагогический смысл. Чтобы записать краткое условие задачи, учащиеся должны внимательно разобрать его, понять, о чем в нем говорится и что требуется определить. Все это конкретизирует данные и искомые величины, заставляя учащихся производить некоторый предварительный анализ задачи. Вот почему наличие краткой записи условия мы считаем одним из требований, которые необходимо предъявлять к учащимся при решении задач как в классе, так и дома.

Не подлежит сомнению, что краткая запись условия задачи составляет, как было отмечено, предварительный этап, предшествующий самому решению, т. е. составлению каких бы то ни было

уравнений. Запись условия задачи после составления соответствующих уравнений теряет всякий смысл, равно как не имеет смысла краткая запись условия без предварительного рассмотрения физического явления, описываемого в задаче.

Относительно ведения краткой записи необходимо сделать следующие указания:

1. Краткую запись можно рекомендовать производить в столбик с левой стороны тетради. Встречающиеся на практике краткие записи условия задачи в строчку менее удобны в смысле быстроты нахождения тех или других данных величин, менее „удобообозреваемы".

2. Все данные величины в задаче записываются принятыми буквенными обозначениями, а их числовые данные должны обязательно сопровождаться соответствующим наименованием.

3. При наличии в условии задачи нескольких значений одной и той же величины, необходимо к буквенному обозначению этой величины добавлять соответствующие индексы. На практике в таких случаях многие пользуются добавлением соответствующих слов в сокращенном виде, например, сила давления записывается кратко — $F_{дав}$, сила трения — $F_{тр}$, сила тяги — $F_{тяг}$ и т. п.

Такое обозначение вносит известную конкретность в краткую запись условия, но зато при решении задачи создает некоторые неудобства. Мы считаем, что целесообразнее поэтому добавлять к буквенному обозначению величин соответствующие индексы, а не слова.

4. В краткую запись должны быть включены все константы и скрытые данные, необходимые для решения задачи, например: $g = 9{,}8\ \frac{м}{сек^2}$, $p = 760$ *мм* рт. ст., $t^\circ = 0^\circ$ и т. д.

5. После записи данных величин и констант подводится черта и под чертой записываются искомые в задаче величины.

В вопросе записи искомых величин существует большой разнобой. Чтобы записать, например, искомой величиной мощность, одни преподаватели требуют такой записи: „$N = x$", другие—„N?", третьи — „$N =$ ", или „N—" и, наконец, „$N = ?$"

Последнюю запись „$N = ?$" можно признать наиболее целесообразной, так как именно она кратко выражает вопрос задачи и по ней учащиеся легко могут прочесть этот вопрос: в данном случае таким вопросом будет: „чему равна мощность?".

Такое обозначение в логическом смысле не безупречно, но его нельзя, конечно, рассматривать с точки зрения какого-нибудь равенства, а необходимо рассматривать только как краткое символическое обозначение вопроса задачи, практически удобное.

Не следует, как общее правило, вводить в краткую запись условия и в самое решение общепринятых обозначений неизвестных—x, y и т. п., чтобы этими обозначениями учащиеся не наталкивались на формальное решение.

По той же причине, нам думается, лучше не писать в начале

краткой записи слово „Дано:“, а в конце — „Требуется найти“ (форма математической записи).

От учащихся необходимо не только требовать правильной краткой записи, но и уменья читать эту запись, воспроизводить по ней содержание задачи. А для этого она должна быть такова, чтобы по ней действительно можно было бы прочесть содержание записанной задачи, причем это мог бы сделать не только записывающий в момент записи, но и всякий другой в любой момент времени. Этому в большей мере помогает словесная краткая запись, предшествующая буквенной краткой записи условия. Словесная запись должна в нескольких словах давать сущность содержания задачи. Она может иметь такой вид: „поезд отходит от станции“, „пуля пробивает доску“, „молоток ударяет по шляпке гвоздя“, „заряженное тело перемещается в электрическом поле“, „три элемента соединены последовательно“, „шунтовая машина дает энергию в осветительную сеть“ и т. п. В некоторых случаях эта запись может быть еще короче и будет давать только название инструмента, машины, о которых говорится в задаче, например: „Тепловой двигатель“, „Электрический паяльник“, „Газовая бомба“ и т. д.

Такая, примерно, словесная запись, по нашему мнению, должна входить в краткую запись условия задачи на классной доске и в ученических тетрадях. Что касается полного текста задачи, то запись его в ученических тетрадях и на классной доске ничем не оправдывается; даже в тех случаях, когда преподаватель дает задачу от себя, можно ограничиться только краткой записью при условии, конечно, что эта запись наглядна и исключает всякую возможность недоразумений.

Однако необходимо отметить, что в целом ряде случаев задачи по своему характеру не допускают такой краткой словесной и буквенной записи, чтобы по этой записи можно было бы прочесть их содержание. Несомненно, в таких случаях следует либо полностью записать текст задачи, либо краткую буквенную запись сопровождать поясняющей подробной словесной записью.

Приведем пример такого рода задачи:

Задача. „Рассчитать наибольшую допускаемую высоту фабричной трубы, построенной из обыкновенного кирпича, если прочность на сжатие составляет 100 $\frac{кГ}{см^2}$ и запас прочности выбран равным 10“. (Демидов, № 94).

Краткая буквенная запись этой задачи в таком виде: $\sigma_1 = 100 \frac{кГ}{см^2}$, $n = 10$, $d = 1{,}6\ \frac{Г}{см^3}$ и $h = ?$ не дает возможности без наличия текста воспроизвести содержания задачи. Такая запись отдельно от текста, конечно, не имеет никакого смысла. Такого же характера в этом отношении является и задача на определение ускорения движения тела в жидкости (текст на стр. 51) и др.

А вот примеры другого характера задач:

1. „В шахте на глубине 100 *м* каждую минуту накопляется 4,5 $м^3$ воды. Какой мощности требуется насос для откачки этой

воды?“ (Фалеев и Перышкин, Физика, ч. I, гл. VI, № 9).

Краткая запись будет иметь такой вид:

Насос откачивает воду:

$V = 4{,}5$ *м*³ (воды)

$h = 100$ *м*

$t = 1$ мин.

$d = 1\,\frac{Г}{см^3} = 1\,\frac{т}{м^3}$

$N = ?$

2. „Сколько весит медный провод длиною в 1 *км* и сопротивлением 0,6 ома?“.

Краткая запись может быть такая:

Медный провод:

$l = 1$ *км* $= 1000$ *м*

$R = 0{,}6$ ома

$\rho \simeq 0{,}018\ \frac{ом\ мм^2}{м}$ (берется из таблицы)

$d = 8{,}9\,\frac{Г}{см^3}$ (тоже из таблицы)

$P = ?$

По этим кратким записям без наличия текста вполне можно воспроизвести содержание задачи. Такого рода задачи мы и имеем в виду, когда говорим о краткой словесной и буквенной записи без записи самого текста задачи. Надо сказать, что большинство решаемых в школе задач как раз такого характера, что допускают краткую словесную и буквенную запись.

Составление краткой записи типовых задач несложного содержания при достаточном упражнении не вызывает у учащихся больших затруднений. Однако при решении более сложных задач на практике встречаются часто как неполные краткие записи, так и неправильные. Неполные краткие записи учащиеся дают в начале решения такого типа задач, когда они не могут еще самостоятельно включить скрытые данные и нужные для решения константы. Неправильные краткие записи условия встречаются особенно часто при решении задач, в которые входят несколько значений одной и той же величины.

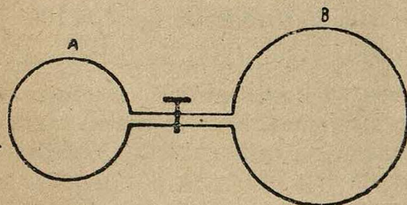


Рис. 18.

В качестве примера возьмем хотя бы такую тренировочную задачу из курса IX класса на закон Бойля-Мариотта:

„Баллон, содержащий 12 *л* газа при давлении в 15 *ат*, сообщается с пустым баллоном емкостью в 18 *л* (рис. 18). Какое установится давление в обоих сосудах после их соединения?“

При самостоятельном решении этой задачи многие учащиеся записывают кратко условие в таком виде:

$V_1 = 12$ *л*
$p_1 = 15$ *ат*
$V_2 = 18$ *л*
―――――
$p_2 = ?$

Такая неправильная запись получается вследствие того, что эти учащиеся при предварительном разборе задачи не продумывают ее до конца. А между тем в дальнейшем решении задачи такая краткая запись при наличии формального отношения приводит к заведомо неправильному решению, хотя при решении используется правильно формула закона Бойля-Мариотта.

Правильная краткая запись в этом случае может быть следующая:

Два баллона, пустой и с газом, соединяются между собою

$V_1 = 12$ *л*		$V_1 = 12$ *л*		$V_1 = 12$ *л*
$p_1 = 15$ *ат*		$p_1 = 15$ *ат*		$p_1 = 15$ *ат*
$V_0 = 18$ *л*	или	$V_2 = 18$ *л*	или	$V_2 = (12 + 18)$ *л*
$p_0 = 0$		$p_2 = 0$		
$p_2 = ?$		$p = ?$		$p_2 = ?$

В первых двух случаях учащиеся должны сначала найти новый объем, который будет занимать газ, когда баллоны будут сообщаться друг с другом:

$$1)\ V_2 = V_1 + V_0 \quad \text{или} \quad 2)\ V = V_1 + V_2.$$

При такой записи условия самое решение данной задачи не представляет, конечно, никакой трудности.

Остановимся теперь кратко на основном этапе решения. Как уже отмечалось, основной элемент решения задач по физике составляет выяснение физических явлений, о которых говорится в условии задачи, и отыскание тех зависимостей, которые существуют между данными и искомой величиной в условии решаемой задачи. Установление связей между искомой величиной и данными в задаче может идти или аналитически, или синтетически; отсюда два основных пути решения задач — аналитический и синтетический.

Только детальное выяснение физической сущности задачи приведет к сознательному использованию нужных физических закономерностей и составлению соответствующих физических формул. Без этого самое решение будет сводиться к формальному подыскиванию подходящих формул, что, конечно, в корне не соответствует истинному смыслу и значению задач в курсе физики.

Поэтому нельзя начинать решение какой бы то ни было, даже самой простой задачи, как это часто наблюдается на практике, с вопроса, „по какой формуле решать задачу?“, а необходимо сначала произвести анализ содержания предложенной задачи и

только после этого переходить к составлению необходимых для решения формул.

Если предварительный разбор задачи и выяснение физического ее смысла было проведено с достаточной полнотой, то при аналитическом способе решения задачи для учащихся не составит большой трудности написать исходную формулу, дающую ответ на вопрос задачи, и установить план нахождения всех величин, определяющих искомую величину. Точно так же при синтетическом способе решения между данными и искомой величиной будут установлены те именно соотношения, которые соответствуют содержанию задачи.

Таким образом, при алгебраическом способе решения задач основной элемент решения, физическая сторона решения, сводится к составлению соответствующих формул, уравнений, причем к этому этапу, т. е. к самому решению задачи, следует переходить только после того, как намечен, обсужден и понят всеми учащимися ход решения задачи.

Следующим моментом являются вычисления, нахождение численного значения необходимых для решения величин и численного значения самой искомой величины. При решении простых задач, как уже отмечалось выше, вычисления не отделяются от решения в общем виде, при решении же сложных, многоформульных задач необходимо приучить учащихся, как общее правило, производить сначала решение в общем виде,[1] а затем уже переходить к вычислениям. Такой порядок в решении обеспечивает большую четкость и позволяет при вычислениях вторично останавливаться на некоторых физических моментах решения задачи. При решении в общем виде в этом случае целесообразно соответствующие формулы нумеровать, чтобы ввести определенную последовательность как в само решение в общем виде, так и в вычисления. Численное значение величин при вычислении проще писать без наименований (об этом подробнее будет сказано ниже).

Последним этапом решения задачи является анализ полученного результата с точки зрения его физического смысла, соответствия условию задачи, реальности. Учащиеся не умеют критически относиться к полученным при решении результатам, не обладают чувством реальной меры. При решении многих задач они часто получают вследствие ошибок в вычислениях самые нелепые в смысле реальности ответы. Так, например, масса водорода, наполняющего воздушный шар емкостью хотя бы в 3000 $м^3$, получается порядка 10 *т*; относительная влажность воздуха в ответах при решении задачи у отдельных учащихся равна 110%; стоимость кипячения литра воды в электрическом чайнике выражается в нескольких рублях; напряжение на полюсах источника по вычислению учащихся может равняться 6 вольтам при э. д. с. источника в 2 вольта и т. д. Это факты, а не анекдоты, и, нам думается, каждый преподаватель получал подобного рода ответы при реше-

[1] Под решением в общем виде мы понимаем решение задач через последовательное составление соответствующих формул.

нии учащимися всякого рода физических задач в контрольных работах и при самостоятельном решении в классе и дома. Беда не в том только, что учащиеся такие нелепые ответы могут получить, а еще больше в том, что этой нелепости многие учащиеся сами не могут обнаружить. Постоянный анализ ответов, полученных при решении задач, должен развивать у учащихся чувство реальной меры и прививать им навык критического отношения к полученным результатам и наименованию этих результатов. Кроме указанной цели, анализ ответа некоторых задач необходимо производить для того, чтобы установить пригодность полученных при решении уравнений корней. Конкретный пример этого: при решении задачи на движение тела, брошенного вертикально вверх, при вопросе, через сколько времени тело достигает некоторой высоты, могут получиться два корня и оба корня удовлетворяют условию задачи: тело может достигнуть некоторой высоты при поднятии вверх и при обратном движении вниз.

В заключение добавим только, что в данном вопросе, как и в вопросе о способах решения необходимо обращать большое внимание на содержание решаемых задач, исходить именно из него, усиливая или ослабляя тот или иной этап решения.

В отдельных случаях некоторые из перечисленных этапов окажутся лишними, например, составление рабочего чертежа, в других случаях явится необходимость введения дополнительных элементов в виде, например, того или иного эксперимента. При решении одних сложных задач, как уже отмечалось, выгодно получить общую формулу для вычисления искомой величины, при решении других задач, наоборот, такая формула никакой выгоды не дает и т. д.

2. Математические операции при решении задач по физике

Математические операции, особенно вычисления, играют существенную роль при решении задач по физике. Поэтому на математическую сторону решения, наравне с физической стороной, необходимо обращать самое серьезное внимание. Математические операции при решении задач встречаются в большинстве случаев двух видов: алгебраические преобразования и арифметические вычисления. Как уже отмечалось выше, алгебраические преобразования целесообразно не выделять особо, а проводить в общем решении задачи. Что же касается вычислений, то их, наоборот, целесообразно, как общее правило, производить отдельно после всего решения задачи в общем виде. Следует отметить, что сами вычисления вызывают на практике часто бо́льшие затруднения, чем отыскание соответствующих физических закономерностей. Преподаватель всячески должен помогать учащимся в преодолении трудностей, связанных с математическими преобразованиями, и по возможности стремиться к тому, чтобы на всякие математические операции тратилось как можно меньше времени.

Решение задач по физике, как правило, необходимо доводить до окончательного результата. Учащиеся должны научиться получать и оценивать окончательные ответы их. Однако в целом ряде случаев можно удовлетвориться только указанием пути решения той или иной задачи, не производя математических выкладок до конца и не получая, таким образом, окончательного числового ответа.

„Получение точного числового ответа вовсе не главное при решении физических задач, это только деталь. Самое важное — это ясно и конкретно усвоить те или иные соотношения. Внимание должно быть сосредоточено на физических элементах задачи, а не на математической процедуре“ (Ноультон). Практика показывает, что в этих случаях физические закономерности и самый способ решения усваиваются учащимися лучше. Нельзя, конечно, делать это постоянно; первые задачи каждого типа, а также задачи, решаемые учащимися на дому, должны всегда доводиться до конца. Как бы то ни было, при решении всякой задачи необходимо использовать все то, что в той или иной мере облегчает производство вычислительных операций, следуя в этом отношении указаниям, которые дает Ноультон, говоря: „Не тратьте зря времени на длинные перемножения и деления на бумаге, пользуйтесь логарифмами, таблицами квадратов и корней квадратных, а также преимущественно логарифмической линейкой“.

К указаниям Ноультона нужно еще добавить следующее:

Для облегчения математических расчетов необходимо использовать все способы сокращенных вычислений, правила устного счета, способы приближенных вычислений и т. п. Учащиеся, как правило, слабо владеют всеми этими приемами. Необходимо приучать их к этому, постоянно упражняя. Надо приучить учащихся к тому, что „произвольное округление числовых величин следует предпочесть той нерациональной излишней точности, к которой обычно склонны учащиеся“.[1]

Признавая в общем правильность этого мнения А. В. Цингера, необходимо отметить, что „произвольное“ округление здесь надо понимать все же не в буквальном смысле. Вычисляющий, прибегая к округлению числовых данных величин, всегда должен исходить из требуемой точности расчета. При округлениях надо следить за тем, чтобы все входящие в формулу величины были даны с одинаковой **относительной** точностью для всех множителей и с одинаковой **абсолютной** точностью для всех слагаемых. Округления надо вести так, чтобы вводимые неточности по возможности взаимно компенсировались; так, например, при расчете сопротивления медной проволоки по формуле $R = \frac{\varrho l}{\pi r^2}$ при округлении π до 3,0 лучше округлить удельное сопротивление не до 0,02 а до 0,015. Все это говорит о том, что округления необходимо тоже производить не по шаблону, а со смыслом.

---

[1] Цингер. Задачник по физике. Предисловие.

Вопрос о рациональном округлении данных при решении физических задач является чрезвычайно важным, его надо широко использовать, так как целесообразное округление чисел значительно ускоряет вычисления. Для этого прежде всего надо помнить и применять правила действий над приближенными числами. Об этом подробное указание применительно к данному вопросу можно найти в введении книги „Как решать задачи по физике" Перельмана, а также в его статье в предисловии задачника Цингера.

Здесь мы считаем все же не лишним остановиться на основных положениях так называемого метода „подсчета цифр", пользуясь которым при вычислениях достигается и разумная экономия времени и возможная точность результата. Эти положения могут быть сформулированы в таком виде:

1. Всякое число, полученное в результате измерения, есть число приближенное, которое условились записывать так, чтобы граница абсолютной погрешности результата не превышала половины последнего сохраняемого разряда. Так, например, следует считать, что при удельном весе железа $7{,}8 \frac{Г}{см^3}$, взятом из таблицы, погрешность результата не больше 0,05.

2. Все цифры числа, кроме нулей, стоящие левее первой отличной от нуля цифры, называются значащими цифрами. В числе, выражающем, например, удельное сопротивление меди, 0,0175 — три значащих цифры, в числе, выражающем удельный вес серебра 10,5 — также три значащих цифры.

Нули, стоящие в конце числа, могут считаться как значащими, так и незначащими цифрами; последними они считаются в том случае, если получились в результате округления числа или стоят вместо неизвестных нам цифр, например: в числе 1 $кГ = 1000\ Г$ нули — значащие цифры, а в числе — скорость света $= 299\,000 \frac{км}{сек}$ — нули — незначащие цифры, так как они получились в результате округления числа.

3. Если над приближенными числами, входящими в ту или другую формулу, производятся действия умножения, деления, возвышения в степень, извлечение корня, то в окончательном результате следует оставить столько значащих цифр, сколько их было в том числе, где их меньше всего.

Результаты всех промежуточных действий следует брать с числом цифр на единицу большим.

При выполнении указанного правила и при соблюдении ранее сделанного условия относительно точности компонентов, можно с большой степенью вероятности утверждать, что для большинства формул физики, химии, техники и т. п. граница абсолютной погрешности результата будет меньше единицы последнего сохраненного разряда или, что бывает реже, будет достигать одной-двух единиц этого разряда. Вероятность возможности получения больших погрешностей результата мала.

Поясним сказанное на конкретном примере.

Вычислить вес железного бруска, если измерения дали для его длины, ширины и толщины такие результаты: 22,3 *см*, 12,4 *см*, 6,2 *см*. Удельный вес, взятый из таблицы, равен 7,8 $\frac{Г}{см^3}$.

Применяя указанное правило, промежуточные вычисления делаем с тремя значащими цифрами, в окончательном результате оставляем только две цифры.

Исходя из соотношения $P=dV$ и подставляя в это соотношение данные, получаем $P=7{,}8\cdot 22{,}3\cdot 12{,}4\cdot 6{,}2$ *Г*.

Производим умножение

1. $7{,}8\times 22{,}3\simeq 174$
2. $174\times 12{,}4\simeq 2\,160$
3. $2160\times 6{,}2\simeq 13\,000$ *Г* $\simeq 13$ *кГ*

1)
```
  22,3
 × 7,8
  1784
 1561
 173,94 ≃ 174
```

2)
```
   174
 ×12,4
   696
  348
 174
 2157,6 ≃ 2160
```

3)
```
   2160
  × 6,2
    432
  1296
  13392,0 ≃ 13 000,0
```

По правилам арифметики точных чисел произведенный расчет будет таким:

1. $7{,}8\cdot 22{,}3=173{,}94.$
2. $173{,}94\cdot 12{,}4=2\,156{,}856.$
3. $2\,156{,}856\cdot 6{,}2=13\,372{,}5072.$

Сопоставляя этот расчет с расчетом, сделанным по правилам приближенных вычислений, можно видеть, что в этом расчете нам пришлось умножать даже семизначные числа, тогда как в первом случае нам не нужно было перемножать чисел больше трехзначных. Никакого выигрыша в степени точности результата мы не получим при втором вычислении, так как в числе 13 372,5072 все цифры, начиная с третьей, недостоверны.

Приведенный пример с очевидностью показывает важность вопроса соблюдения правил приближенных вычислений при всякого рода расчетах. При решении физических задач учащиеся должны получить элементарные навыки приближенных расчетов, которые чрезвычайно необходимы в их дальнейшей практической деятельности.

Приведенное выше правило приближенного умножения можно разъяснить учащимся при умножении сначала только двух чисел. Пример:

Рассчитать вес цилиндра из алюминия объемом 5,4 $см^3$. Удельный вес алюминия, взятый из таблицы, равен 2,7 $\frac{Г}{см^3}$.

Производя умножение удельного веса на объем в предположении, что цифры сотых долей у обоих множителей неизвестны, имеем:

```
    2,7 ?
    5,4 ?
   ------
    ? ? ?
  108 ?
 135 ?
 -------
 14,5 ? ? ?
```

В результате сохраняем только две значащие цифры, так как третья значащая цифра уже сомнительна—она получается от сложения 3 слагаемых, из которых одно неизвестно и может быть отлично от нуля. Таким образом, вес цилиндрика равен ~ 15 *Г*.

Добавим еще одно правило приближенных величин.

4. Если формула содержит знаки $+$ или $-$, то надо сначала произвести действия сложения и вычитания и только после этого иметь суждение о числе цифр, которые надо сохранить в результате.

Поясним это на таком примере:

Задача. „Для определения удельной теплоемкости железа в калориметр, содержащий 226 *г* воды при 16,2°, погрузили 61 *г* железа, нагретого до 99,8°. Окончательная температура в калориметре установилась 18,6°.

Как велика удельная теплоемкость железа? Теплоемкостью сосуда пренебречь“.

Исходя из уравнения теплового баланса: $cm\,(t^0 - \theta) = M\,(\theta - t_0^0)$, имеем

$$c = \frac{M\,(\theta - t_0^0)}{m\,(t^0 - \theta)}; \quad c = \frac{226\,(18{,}6 - 16{,}2)}{61\,(99{,}8 - 18{,}6)}\,\frac{кал}{г.град} = \frac{226 \cdot 2{,}4}{61 \cdot 81{,}2}\,\frac{кал}{г.град}.$$

Откуда заключаем, что в окончательном результате следует сохранить только две значащие цифры, а все промежуточные вычисления вести с 3 цифрами. Приводим эти вычисления.

1. $226 \times 2{,}4 = 542$
2. $61 \times 81{,}2 = 4950$
3. $542 : 4950 = 0{,}11$

$$c = 0{,}11\,\frac{кал}{г.град}$$

```
1)  226          2)  81,2          3) 5420 |4950
  × 2,4            ×  61              4950  0,109 ≃ 0,11
  -----            ------             -----
   904               812               47000
  452              4872                43550
  -------          --------            -----
  542,4 ≃ 542      4953,2 ≃ 4950        3450
```

Этот пример позволит попутно сделать еще одно важное замечание относительно рационального округления, а не „произвольного“. Результат решения получится в этой задаче совершенно другой, если округлить начальную и конечную температуры калориметра, отбросив дроби, как это часто склонны делать учащиеся. Тогда в числителе вместо 2,4° получится 3°, а в знаменателе — вместо 81,2—80,8 и окончательный результат вместо 0,11 получится равным 0,14.

Мы остановились здесь на всех этих вопросах потому, что, как показывают наблюдения, в школьной практике на них мало

обращают внимания как преподаватели физики, так и преподаватели математики. Между тем, значение этих вопросов, как уже отмечалось, в деле привития практических навыков учащимся чрезвычайно велико. Если учащиеся не приобретут в школе навыков в действиях над приближенными числами, то они в дальнейшем не справятся с вычислительной стороной всякой задачи, в которой числа не подобраны „нарочно", а взяты из реальной действительности.

При решении задач по физике преподаватель не должен забывать об этом, а должен использовать все возможные случаи, чтобы прививать учащимся эти навыки.

Продолжим теперь снова рассматриваемый нами вопрос математических операций.

При решении задач с приближенными числами необходимо также приучать учащихся перед началом вычисления оценивать степень точности результата. Этому в большой степени помогают экспериментальные задачи, при решении которых учащиеся научаются в каждом отдельном случае оценивать степень точности измерения и вычисления.

Кроме этого, необходимо уделить должное внимание развитию у учащихся „глазомера" в оценке размеров различных единиц и различных физических величин, для чего при решении многих вычислительных задач бывает полезно предварительно давать ответ на „глазомер" (например: Сколько весит ведро ртути? Может ли человек поднять 1 $м^3$ пробки?).

Все это нужно для того, чтобы доказать учащимся нерациональность излишней точности в этих случаях. На первых порах учащиеся очень трудно уясняют себе смысл всего этого. Кому, например, из преподавателей не приходилось слышать заявление от учащихся, что у них та или другая задача не выходит, не сходится с ответом, хотя разница в ответах незначительная и просто объясняется различной степенью точности вычислений.

Значение приближенных вычислений можно уяснить при решении хотя бы такой задачи из курса IX класса:

„Определить диаметр шахтного стального троса длиною в 200 *м* для подъема груза в 20 *Т*. Сопротивление разрыву стали $8\,000 \frac{кГ}{см^2}$. Удельный вес стали $7{,}7 \frac{Г}{см^3}$. Запас прочности восьмикратный".

Эта задача является примером очень немногих задач, которые трудно поддаются решению аналитическим способом, а гораздо проще решаются синтетическим способом.

Приводим решение ее этим способом сначала с неокругленными числами, а затем с допускаемым округлением.

Обозначая длину троса через l, вес поднимаемого груза через P, сопротивление разрыву через σ_1 и запас прочности через n, записываем краткое условие в таком виде:

На стальном тросе поднимается груз:

$l = 200$ *м* $= 20\,000$ *см*

$P = 20$ *Т* $= 20\,000$ *кГ*

$\sigma_1 = 8\,000 \frac{кГ}{см^2}$

$d = 7{,}7 \frac{Г}{см^3} = 0{,}0077 \frac{кГ}{см^3}$

$n = 8$

$D = ?$

Стальной трос при работе должен выдерживать нагрузку, равную весу поднимаемого груза и собственному весу. Обычно при расчете сопротивления разрыву не учитывается вес самого каната (троса), но в данном случае длина троса настолько велика, что необходимо учитывать вес самого троса. На это следует обратить внимание учащихся при разборе задачи, как на элемент, имеющий некоторый интерес в физико-техническом отношении.

Переходя к решению задачи, вводим следующие обозначения: через F обозначим допускаемую нагрузку, P_1 — вес самого троса. Тогда для допускаемой нагрузки можем написать два выражения:

$$1)\ F = P + P_1 \quad \text{и} \quad 2)\ F = \frac{\sigma_1 S}{n},$$

где S — площадь сечения троса.

Вес каната нам неизвестен, и его можно представить так

$$3)\ P_1 = dV = dSl.$$

Далее, площадь сечения каната можно выразить через диаметр D в таком виде

$$4)\ S = \frac{\pi D^2}{4}.$$

Приравнивая вторые части (1) и (2) уравнений с соответствующей заменой S через соотношение (4), получаем уравнение, в которое входит неизвестным только искомая в задаче величина D. Напишем это уравнение:

$$5)\ P + \frac{d\pi D^2 l}{4} = \frac{\sigma_1 \pi D^2}{4n}$$

или окончательно

$$\frac{\pi}{4}\left(\frac{\sigma_1}{n} - dl\right) D^2 = P.$$

На этом можно закончить решение задачи в общем виде и переходить к подстановке численных значений, входящих в уравнение величин, т. е. к вычислениям.

Получаем:

$$\frac{3{,}14}{4}\left(\frac{8\,000}{8} - 0{,}0077 \cdot 20\,000\right) D^2 = 20\,000.$$

После соответствующих действий имеем

$$1{,}57\ (500 - 77)\ D^2 = 20\,000$$

или

$$1{,}57 \cdot 423\, D^2 = 20\,000$$
$$664{,}11\, D^2 = 20\,000.$$

откуда
$$D = \sqrt{\frac{20\,000}{664{,}11}}\ см \simeq \sqrt{30}\ см \simeq 5{,}5\ см$$
$$D = 5{,}5\ см.$$

Все эти математические операции, особенно вычисления, отнимают при решении данной задачи чрезвычайно много времени. При целесообразном округлении чисел (для иллюстрации чего и приведена задача) эти вычисления значительно упрощаются. Так как здесь запас прочности восьмикратный, то вполне допустимо округление на 5% или даже на 10%. Поэтому можно заменить 0,0077 через 0,008 и 3,14 через 3,00 — и сразу все расчеты облегчаются. В этом случае имеем по порядку:

$$\frac{3}{4}\left(\frac{8\,000}{8} - 0{,}008 \cdot 20\,000\right) D^2 = 20\,000$$
$$\frac{3}{4}(1\,000 - 160)\,D^2 = 20\,000$$
$$\frac{3}{4} \cdot 840\,D^2 = 20\,000;\ 63\,D^2 = 2\,000$$
$$D = \sqrt{\frac{2\,000}{63}}\ см \simeq 5{,}6\ см$$
$$D = 5{,}6\ см.$$

Таким образом, вопрос об округлении данных при решении физических задач является вопросом, стоющим внимания. С другой стороны, еще раз напомним, что не следует увлекаться такими задачами, при решении которых встречаются слишком сложные математические операции, как это мы видели в только что приведенной задаче.

Точно так же не следует выбирать для решения такие задачи, при решении которых, как уже указывалось, вызывает больший интерес математическая сторона, чем физическая, т. е. задачи математического характера. Для примера возьмем такую задачу:

„По сторонам прямого угла из точек A и B (рис. 19) с одинаковыми скоростями $v\ 10 = \frac{м}{сек}$ равномерно движутся два тела: одно — к вершине угла, другое — от вершины. Расстояние точек A и B от вершины: $l_1 = 100\ м$, $l_2 = 50\ м$. Определить, через сколько секунд после начала движения расстояние между телами будет равно первоначальному.

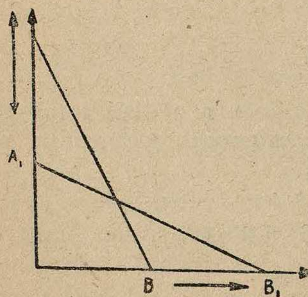


Рис. 19.

Первоначальное расстояние между телами определяется из соотношения: $AB^2 = l_1{}^2 + l_2{}^2$. Обозначим через x искомое число секунд; тогда первое тело из точки A продвинется за x сек. к вершине угла на расстояние $s_1 = vx = 10\,x$, второе — из точки B отойдет от вершины угла на те же $10\,x$. Таким образом, первое тело по прошествии x сек. будет находиться от вершины O на расстоянии $l_1^1 = 100 - 10\,x$.

второе — на расстоянии $l_2^1 = 50 + 10x$; расстояние A_1B_1 между телами может быть выражено $A_1B_1^2 = (100 - 10x)^2 + (50 + 10x)^2$. По условию $AB = A_1B_1$, или $AB^2 = A_1B_1^2 = 12\,500$; следовательно, $12\,500 = (100 - 10x)^2 + (50 + 10x)^2$.

Решая это уравнение, найдем

$$x^2 - 5x = 0$$

или

$$x_1 = 0;\ x_2 = 5 \text{ сек.}$$" [1]

Физический элемент этой задачи очень прост и имеет в ней очень малый удельный вес по сравнению с математическим. Поэтому и математические трудности, связанные с ее решением, гораздо больше, чем физические.

Отсюда решение такого рода задач на уроках физики будет бесполезной для физики тратой времени. Этим делом надо заниматься на уроках математики.

При решении задач по физике для облегчения математических расчетов во многих случаях можно также пользоваться округленным значением некоторых физических констант, например, ускорение силы тяжести принимать равным 10 $\frac{м}{сек^2}$ удельную теплоту парообразования воды брать равной 540 $\frac{ккал}{кг}$ и др. В этих случаях учащиеся должны в рассуждениях указывать, почему они берут, вместо табличного, округленное значение той или иной константы.

Кроме указанного, математические операции при решении некоторых физических задач могут быть упрощены и сокращены путем выбора соответствующих приемов решения и вычисления. Иллюстрируем это несколькими примерами.

1. При решении отдельных задач на равномерно-переменное движение, как уже указывалось, математические операции упрощаются, если, вместо готовых формул этого движения, использовать при решении понятие „средней скорости" движения. Вот пример:

Задача. „Пуля винтовки пробила стену толщиной 35 *см*, причем скорость ее уменьшилась с 670 $\frac{м}{сек}$ до 320 $\frac{м}{сек}$. Определить замедление пули и время движения ее в дереве". (Демидов, № 464.)

Движение пули в стене принимаем за равномерно-замедленное и для определения отрицательного ускорения воспользуемся основной формулой этого движения: $a = \frac{v - v_0}{t}$.

Не применяя далее формулы пути этого движения, с целью упрощения расчетов, определяем время из соотношения $t = \frac{s}{v_{ср}}$ или $t = \frac{2s}{v + v_0}$.

В этом соотношении все величины известны из условия задачи,

---

[1] Текст задачи и само решение взято без всякого изменения из учебника физики Модестова, т. I, 1938, стр. 27.

следовательно, можно переходить к вычислениям, которые мы здесь опускаем.

2. Математические расчеты при решении задач на определение силы тока в разветвленной цепи (X класс) значительно упрощаются, если пользоваться при решении не правилом Кирхгофа, а исходить из напряжения на участке разветвленной цепи.

Поясним это на решении такой простой задачи:

„Найти сопротивление разветвления и силу тока в отдельных ветвях, если сопротивление ветвей $r_1 = 2\omega$, $r_2 = 3\omega$ и $r_3 = 5\omega$ и сила тока в неразветвленной цепи равна 6,2 А". (Примеры 1 и 3, § 49 „Курс физики", ч. 3, И. И. Соколова.)

Решение первого вопроса — определение сопротивления разветвления, приведенное в учебнике, вызывает только одно возражение — это обозначение неизвестного сопротивления через x, когда есть готовая выведенная формула, в которой это сопротивление обозначено через R. Решение второго вопроса дано автором слишком громоздким и, нам думается, вместо такого решения для учащихся более доходчивым и более простым в смысле вычислений может быть следующее:

По общей силе тока в цепи и найденному сопротивлению разветвленного участка определяем напряжение на разветвленном участке цепи, а затем по напряжению и сопротивлению каждой ветви находим силу тока в ветвях. В качестве сравнения приводим здесь оба этих решения.

а) По второму правилу Кирхгофа сила тока в ветвях обратно пропорциональна сопротивлению ветвей, т. е.:

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{r_1} : \frac{1}{r_2} : \frac{1}{r_3} = \frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{5} = 15 : 10 : 6$$

$$I_1 = \frac{I \cdot 15}{15+10+6}; \quad I_2 = \frac{I \cdot 10}{15+10+6}; \quad I_3 = \frac{I \cdot 6}{15+10+6}.$$

Решение удобно расположить так

6,2	$\frac{1}{2}$	$\frac{15}{30}$	15	$I_1 = \frac{6{,}2 \cdot 15}{31} = 3$ ампера
	$\frac{1}{3}$	$\frac{10}{30}$	10	$I_2 = \frac{6{,}2 \cdot 10}{31} = 2$ ампера
	$\frac{1}{5}$	$\frac{6}{30}$	6	$I_3 = \frac{6{,}2 \cdot 6}{31} = 1{,}2$ ампера[1]

б) Решение этого вопроса через напряжение будет следующее:

1. $U = IR; \quad U = \frac{6{,}2 \cdot 30}{31} = 6$ V

2. $I_1 = \frac{U}{r_1}; \quad I_1 = \frac{6}{2} = 3$ A

3. $I_2 = \frac{U}{r_2}; \quad I_2 = \frac{6}{3} = 2$ A

4. $I_3 = \frac{U}{r_3}; \quad I_3 = \frac{6}{5} = 1{,}2$ A.

[1] И. И. Соколов. Курс физики, ч. III, стр. 65.

О преимуществе второго приема решения предоставляем судить читателям.

Наконец, с той же целью облегчения математических расчетов в отдельных случаях желательно при решении задач в классе выбирать путь решения с менее громоздкими вычислениями. В качестве примера возьмем уже указанную выше на стр. 96 задачу на определение глубины колодца. Эта задача в такой формулировке может быть предложена в VIII классе только в конце года при повторении, при решении же ее в теме „Свободное падение" из-за математических операций формулировка должна быть изменена (без учета времени прохождения воздушной волны).

Приводим решение задачи с учетом времени движения воздушной волны, полученной от падения камня в воду. Время падения камня можно определить из основной формулы свободного падения тел

$$H = \frac{gt_1^2}{2},$$

т. е.

$$t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}},$$

а также, зная промежуток времени t, через который слышали звук падения камня, и время прохождения звука, равное $\frac{H}{v}$,

$$t_1 = t - \frac{H}{v}.$$

Отсюда мы получаем такое уравнение для нахождения H

$$\sqrt{\frac{2H}{g}} = t - \frac{H}{v}.$$

Решение этого уравнения из-за вычислений оказывается очень громоздким. Поэтому целесообразно изменить это решение на следующее. Определяем сначала время падения камня t_1 из такого уравнения, физический смысл левой и правой части которого ясен:

$$\frac{gt_1^2}{2} = v(t - t_1),$$

где t_1 — время падения камня. Найдя из этого уравнения t_1, находим искомую величину уже из основной формулы

$$H = \frac{gt_1^2}{2}.$$

Упомянем еще об одном приеме решения задач по физике, облегчающем математические расчеты, — это использование при решении технических формул. Этот прием редко может применяться в средней школе, но представляет все же некоторый интерес, а потому, не выделяя его, мы здесь остановимся только на одном примере. В задачах на превращение тепловой энергии в механическую и обратно математические расчеты значительно упрощаются при пользовании такой технической формулой:

$$m = 632 \frac{Nt}{q\eta}.$$

В этой формуле m — количество необходимого топлива для работы теплового двигателя, N — его мощность, выраженная в лошадиных силах, t — время в часах, q — калорийность данного топлива и η — коэффициент полезного действия двигателя.

Коэффициент пропорциональности 632 имеет наименование $\frac{ккал}{Л.С.\text{-}час}$ и показывает, какому количеству теплоты эквивалентна работа одной лошадиной силы в час. Таким образом, приведенная техническая формула $m = 632 \frac{Nt}{q\eta}$ заменяет такую физическую формулу:

$$m = \frac{75 \cdot 3600\, Nt}{427\, q\eta}, \text{ где } \frac{75 \cdot 3600}{427} \cong 632$$

Сравнивая эти две формулы, мы видим, что вычисления по технической формуле проще, чем по соответствующей физической формуле. Однако многие возражают против использования технических формул при решении задач по физике в средней школе, мотивируя тем, что этот прием ничего в физическом смысле не дает учащимся. При правильной постановке дела это не совсем так. Нельзя, конечно, давать технические формулы в готовом виде, а необходимо выводить их из решения целого ряда соответствующих примеров. Тогда учащиеся будут понимать все элементы технической формулы, и ее применение будет сознательным и будет иметь физическую ценность. Если и можно возражать против введения в курс физики средней школы некоторых технических формул, то только потому, что недостаток времени не позволяет выводом их увеличивать программный материал.

Все перечисленные здесь приемы дают возможность учащимся больше внимания сосредоточить на физической стороне решения, а это в свою очередь помогает добиться сознательного решения задач по физике.

3. Общие формулы при решении задач по физике

В связи с математическими операциями стоит еще вопрос о составлении общей формулы решения.

При решении многовопросных или многоформульных задач получение окончательного результата, как указывалось выше, во многих случаях в значительной степени облегчается составлением общей формулы для искомой величины. Это достигается путем подстановки найденных частных формул в формулу для искомой величины. Широко применяя сокращение при подстановке численных значений в окончательную формулу, мы этим самым избегаем ненужных перемножений и делений часто больших чисел. В этом и заключается выгода данной операции.

Следует упомянуть, однако, что в этом упрощении вычислительных операций есть и свой недостаток, заключающийся в следующем. Когда учащиеся проделывают все промежуточные вычисления, то они гораздо полнее могут составить себе предста-

вление о всех факторах, влияющих на правильный ход решения задачи. Кроме того, промежуточные расчеты дают целый ряд „вех", по которым можно проверить правильность решения, чего нет при решении по общей формуле. Добавим, что самое получение общих формул, как показывает практика, для большинства учащихся даже старших классов средней школы является делом трудным, так как требует достаточного математического развития и большого навыка в производстве алгебраических преобразований.

Все это говорит за то, что составления общих формул решения задач можно вводить только в старших классах и то при решении не всех задач, а только тех, где этот прием дает явные преимущества. Вместо получения общей формулы при решении большинства задач даже в старших классах лучше в формулу для искомой величины подставлять не буквенные значения величин, а их числовые значения, полученные из частных формул, о чем уже говорилось выше. Особенно следует избегать общих формул в тех случаях, когда эти формулы сами по себе получаются математически сложными.

Для иллюстрации сказанного приведем несколько примеров из разных отделов курса.

Задача. „На высоте 5 *м* подвешена лампа в 200 свечей. Наибольшее освещение на земле получается под лампой и будет убывать одинаково во все стороны. Чему равна площадь круга, внутри которого освещенность не менее 1 люкса?" (Демидов, № 1024.)

В условии данной задачи пояснение, что „наибольшее освещение на земле получается под лампой и будет убывать одинаково во все стороны" является совершенно лишним, так как это следует из законов освещенности, которыми учащиеся должны пользоваться при решении задачи.

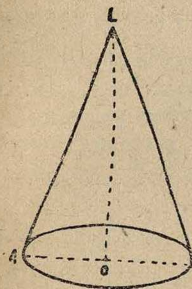


Рис. 20.

Начинаем решение задачи с построения соответствующего схематического чертежа (рис. 20), после чего пишем краткое условие, используя этот чертеж.

$I = 200$ *св.*

$E_A = 1$ *лк.*

$LO = h = 5$ *м*

S круга $= ?$

Введем следующие обозначения: $AL = R$ — расстояние от источника света до освещаемой точки, $AO = r$ — радиус круга, площадь которого составляет искомую в задаче величину.

На основании правил геометрии для искомой величины имеем:

$$1) \; S = \pi r^2$$

Из ΔALO для r^2 по теореме Пифагора получаем такое соотношение:

$$2)\ r^2 = R^2 - h^2,$$

в котором неизвестной величиной, кроме r^2, является R^2. Но R^2 можно найти из формулы, выражающей законы освещенности, написанной для точки A:

$$E_A = \frac{I \cos \alpha}{R^2}$$

или, заменяя $\cos \alpha$ отношением $\frac{h}{R}$, получаем: $E_A = \frac{Ih}{R^3}$, откуда имеем:

$$3)\ R = \sqrt[3]{\frac{Ih}{E_A}}.$$

На этом решение задачи в общем виде кончается. Переходим к вычислениям:

$$1.\ R = \sqrt[3]{\frac{200 \cdot 5}{1}} = 10\ (м);\ R = 10\ м.$$

$$2.\ r^2 = 100 - 25 = 75;\ r^2 = 75\ м^2.$$

$$3.\ S = 3{,}14 \cdot 75 = 235{,}5.$$

Ответ: $S = 235{,}5\ м^2$.

При таком способе решения, благодаря хорошо подобранным числовым данным, получаются несложные вычисления. Получение же для S общей формулы не дало бы никакого упрощения в вычислениях, так как она здесь получается математически сложной, именно:

$$S = \pi \left[\left(\sqrt[3]{\frac{Ih}{E_A}} \right)^2 - h^2 \right].$$

Такая общая формула ничего, конечно, не дает учащимся, не упрощает, а запутывает решение. Поэтому получение общей формулы для искомой величины в данном случае и во всех подобных является совершенно бесполезным делом, излишней потерей дорогого времени.

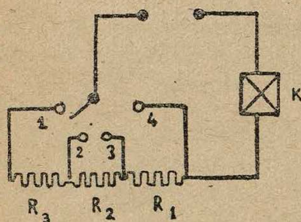


Рис. 21.

Возьмем еще пример:

Задача. „Какие сопротивления R_1, R_2 и R_3 надо взять для устройства реостата (рис. 21), чтобы сила тока в приборе K при передвижении ручки реостата с контакта 1 на контакт 2, с контакта 2 на 3, с 3 на 4 менялась на $\Delta I = 1$А. У прибора K сопротивление $R = 20$ омам. Напряжение в сети 120 V“.[1]

С нашей точки зрения эта задача не трудная (хотя авторы и относят ее к задачам второй степени трудности) и вполне по

[1] Д. И. Сахаров и И. С. Косминков. Сборник задач по физике. 1938, задача № 534.

силам даже среднему ученику X класса при условии, если не получать при решении общей формулы.

Приводим это решение.

Сначала находим силу тока в приборе без реостата.

$$I = \frac{U}{R}; \quad I = 6\,\text{А}.$$

При включении сопротивления R_1 сила тока в приборе, согласно условию задачи, должна уменьшиться на 1 А, т. е. она будет равна 5 А. Отсюда $R + R_1 = \frac{U}{I_1}$; $R + R_1 = 24$ ома; $R_1 = 4$ ома. Точно также

$$R_2 = \frac{U}{I_2} - (R + R_1); \qquad R_2 = 6 \text{ омам}$$

и

$$R_3 = \frac{U}{I_3} - (R + R_1 + R_2); \quad R_3 = 10 \text{ омам}.$$

Решение данной задачи в общем виде будет математически сложно и никакой выгоды не дает. Оно может быть таким:

1. $\frac{U}{R} - \Delta I = \frac{U}{R + R_1}$, откуда $R_1 = \frac{\Delta I R^2}{U - \Delta I R}$;

2. $\frac{U}{R} - 2\Delta I = \frac{U}{R + R_1 + R_2}$, откуда $R_2 = \frac{2\Delta I R^2}{U - 2\Delta I R} - R_1$;

3. $\frac{U}{R} - 3\Delta I = \frac{U}{R + R_1 + R_2 + R_3}$, откуда $R_3 = \frac{3\Delta I R^2}{U - 3\Delta I R} - (R_1 + R_2)$.

Авторы задачи приводят именно такой ответ общего решения задачи.

В физическом смысле такой ответ, без сомнения, ничего не дает, а потому такое решение не следует проводить, так как учащиеся должны всегда уметь объяснить физический смысл отдельных элементов и всего ответа в целом.

Вот еще пример.

„Посредством ворота втягивают по наклонному помосту из досок длиною 20 *м* каменную плиту весом 1,2 *Т* на высоту 12 *м*. Коэффициент трения камня о доски $f = 0,2$. Радиус вала 15 *см*, радиус рукоятки 75 *см*. Какую силу прилагают к рукоятке?“ (Демидов, № 445.)

Решение этой задачи не вызывает больших трудностей у учащихся VIII класса, если не требовать от них составления общей формулы для искомой величины. При аналитическом приеме оно может быть таким:

1. $F = \frac{F_1 r}{R}$, где F — сила, приложенная к рукоятке ворота, а F_1 — сила, действующая на вал ворота и необходимая для подъема груза по наклонной плоскости.

2. $F_1 = F_{скат} + F_{тр}$

3. $F_{скат} = P\frac{h}{l}$

4. $F_{тр} = fP\frac{b}{l}$

5. $b = \sqrt{l^2 - h^2}$

Вычисления.

1. $b = \sqrt{400 - 144} = 16$ *м*;   2. $F_{тр} = \frac{0{,}2 \cdot 1\,200 \cdot 16}{20}$ *кГ* $= 192$ *кГ*

3. $F_{скат} = \frac{1\,200 \cdot 12}{20}$ *кГ* $= 720$ *кГ*;   4. $F_1 = 720 + 192 = 912$ *кГ*:

5. $F = \frac{912 \cdot 15}{75}$ *кГ* $= 182{,}4$ *кГ*;   6. $F = 182$ *кГ*.

Общая формула в этой задаче для искомой величины имеет следующий вид после соответствующих преобразований:

$$F = \frac{P(h + f\sqrt{l^2 - h^2})\,r}{lR}$$

Такая общая формула опять-таки вряд ли даст какие-нибудь выгоды при решении, физический же смысл отдельных ее элементов и в целом едва ли может быть объяснен учащимися, а между тем на получение ее потребуется затратить учащимся и время и труд.

Остановимся теперь на задачах другого типа, при решении которых получение общей формулы для искомой величины дает явные преимущества.

Задача. „Какая должна быть приложена сила к стальному рельсу длиною в 10 *м* и площадью поперечного сечения 50 *см*^{2}, чтобы получить такое же удлинение его, какое происходит при повышении температуры рельса от 0° до 40°?“ (Демидов, № 260.)

Сила, производящая удлинение при растяжении, может быть определена на основании закона Гука

$$\Delta l = \frac{l_0 F}{ES}, \text{ откуда } F = \frac{\Delta l ES}{l_0}$$

В этой формуле Δl — абсолютное удлинение — неизвестно и может быть определено по условию задачи из соотношений между величинами при расширении тел от нагревания, E — модуль Юнга, берется из таблицы равным 22 000 $\frac{кГ}{мм^2}$, остальные величины даны в условии задачи.

Находим Δl — удлинение рельса при нагревании

$$\Delta l = l_0 \alpha t^0.$$

Подставив значение Δl в формулу для F, получаем:

$$F = \frac{l_0 \alpha t^0 ES}{l_0}.$$

После сокращения окончательно имеем $F = at^0 ES$. Полученная общая формула показывает, что длина в этой задаче при общем решении оказывается лишним данным, в то время как решение задачи без получения общей формулы не может быть проведено без этой величины, почему она и дается в условии задачи.

При вычислении по этой формуле необходимо площадь поперечного сечения выразить в *мм*², так как модуль Юнга имеет наименование $\frac{кГ}{мм^2}$.

$$F = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 40 \cdot 22\,000 \cdot 5 \cdot 10^3 \ кГ = 52\,800 \ кГ$$

$$\underline{F = 52\,800 \ кГ.}$$

Возьмем еще пример.

Задача. „Медный шар 17,8 *кГ*, взятый при 0°, от нагревания увеличит свой объем на 10,3 *см*³. Сколько калорий теплоты затрачено на его нагревание?“ (Демидов, № 270.)

Как комбинированная задача, хотя несколько и искусственного содержания, она может быть полезной в IX классе при изучении темы „Расширение тел от нагревания“. Ее решение может быть таким:

	Вычисления
1. $Q = cm\Delta t^0$	1. $\beta = 0{,}000051 \ град^{-1}$
2. $\Delta t^0 = \frac{\Delta V}{V_0 \beta}$	2. $V_0 = \frac{17{,}8 \ дм^3}{8{,}9} = 2 \ дм^3$ $V = 2000 \ см^3$
3. $V_0 = \frac{m}{D}$	3. $\Delta t^0 = \frac{10{,}3}{2\,000 \cdot 0{,}000051} \simeq 100^0$
4. $\beta = 3\alpha$	4. $Q = 0{,}09 \cdot 17{,}8 \cdot 100 \ ккал = 160{,}2 \ ккал$ $\underline{Q = 160 \ ккал.}$

Так как числовые данные в условии задачи специально подобраны, то вычисления при ее решении в таком виде не вызывают никаких трудностей.

Получим общую формулу для искомой величины

$$Q = \frac{cm\Delta VD}{m\beta}; \quad Q = \frac{c\Delta VD}{\beta}$$

$$Q = \frac{0{,}09 \cdot 10{,}3 \cdot 8{,}8}{0{,}000051} кал = 160\,000 \ кал = 160 \ ккал$$

$$Q = 160 \ ккал$$

В этой задаче, как и в предыдущей, мы опять-таки при получении общей формулы имеем в условии задачи лишнюю величину — массу шара, которая, однако, является необходимой, как мы видели выше, при решении задачи без пользования общей формулой. Отсюда ясно, что при решении многих задач составление общей формулы для искомой величины дает явную выгоду в смысле вычислений.

Большую выгоду в смысле вычислений дают также общие формулы во всех сложных задачах, содержание которых

составляет вопрос превращения одной формы энергии в другую. Эти формулы ценны и в том отношении, что физический смысл отдельных элементов их доступен пониманию учащихся. Примеры таких задач мы уже приводили выше при разборе способов решения.

4. Наименование величин и системы единиц при решении задач по физике

Наряду с математическими операциями, на практике при решении задач большие трудности вызывает вопрос, связанный с наименованием величин и системами единиц. Неправильное употребление наименований как для частных результатов, так и для окончательного является источником наиболее часто встречающихся ошибок при решении задач. А между тем без правильного применения наименований как данных, так и искомой в задаче величины теряется смысл всего решения задачи и всех производимых расчетов. Отсюда без четкого знания систем единиц и их применения не может быть правильного решения, и на эту сторону надо обращать все время самое серьезное внимание. Уже с самого начала изучения физики в первом концентре необходимо требовать, чтобы численное значение какой бы то ни было физической величины сопровождалось соответствующим наименованием. Это требование необходимо проводить в течение всего курса. В старших классах в самом начале решения задачи можно приучить учащихся устанавливать систему единиц, в которой будет производиться решение, и уже в краткой записи условия все данные величины необходимо снабжать соответствующими наименованиями. Ошибки в наименованиях при решении объясняются нечетким знанием самих единиц для измерения тех или иных величин, так как только четкое знание единиц, их наименования позволяет правильно применять наименование искомой величины по соображению. С другой стороны, решение задач является одним из верных средств, помогающих усвоению систем единиц.

Относительно применения наименований величин при решении задач по физике в методической и учебной литературе существуют две точки зрения: согласно одной точке зрения для получения правильного наименования результата при решении задач необходимо производить операции над наименованием величин или в отдельных случаях над их размерностями[1], т. е. при вычис-

[1] Термин размерности употребляется нами не как формула, показывающая, как та или иная производная единица системы составлена из основных единиц той же системы, а в более упрощенном смысле, как полное наименование производной единицы, выраженное через наименование основных единиц.

Поясним сказанное несколькими словами. В настоящее время наиболее широкое распространение имеет система единиц CGS. Поэтому обычная форма размерности всех величин в символической записи выражается через три основные величины L, M и T в таком виде: $[A] = M^{\alpha} L^{\beta} T^{\gamma}$, где M, L и T единицы массы, длины и времени, а α, β и γ — какие угодно положительные или отрицательные, целые или дробные показатели степени.

лениях в формулы следует подставлять числовое значение соответствующих величин с их наименованиями, над которыми производятся те же действия, как и над числами. Такой прием рекомендован и в учебнике Соколова, ч. I.

Мы разделяем другую точку зрения и считаем, что, по двум соображениям, в средней школе, как правило, не следует широко применять операций над наименованием величин: 1. Операция над наименованиями сама по себе чрезвычайно затрудняет учащихся, делает решение громоздким, математически запутывает учащихся и таким образом чрезвычайно сильно снижает темп работы. Внимание учащихся в этом случае всецело поглощается математическими операциями, а не физической сущностью. 2. Числа, входящие в формулу для искомой величины, можно рассматривать как отвлеченные числа, пропорционально которым изменяется искомая величина. Вот почему мы считаем, что при решении задач в средней школе можно не подставлять численное значение величины с его наименованием, а ограничиться только непременным требованием наименования и в условии задачи и в результатах. Учащиеся должны твердо знать, что при решении задач все величины, входящие в решение, должны быть представлены в одной и той же системе единиц и что результат получается в той же системе. Его они должны уметь написать правильно без „автоматического приема" операций над наименованиями.

Однако мы не склонны нашу точку зрения возводить в правило, которое неукоснительно следует проводить при решении задач по физике. Первая точка зрения имеет также положительные стороны. Операции над наименованиями „дают учащимся опыт безошибочного получения наименования величины, искомой в задаче, как бы ни была сложна задача и как бы ни было сложно окончательное одночленное выражение" (проф. И. И. Соколов).

Так как показатели размерности при символах основных величин всегда совпадают с показателями степеней соответствующих единиц, входящих в выражение сложной единицы, то мы и считаем возможным в средней школе употреблять термин размерность величины, как полное наименование ее единицы, выраженное через наименование основных единиц системы.

Так, напрмер, размерность силы $[F] = [m]\ [a] = \left[M \frac{L}{T^2} \right] = \left[\frac{ML}{T^2} \right]$, а ее единица в системе CGS может быть обозначена $[f] = \frac{г.\ см}{сек^2}$. Последнее выражение мы и принимаем за размерность силы. Размерность работы $[W] = [F]\ [S] = \left[\frac{ML}{T^2} \cdot L \right] = \left[\frac{ML^2}{T^2} \right]$, а размерность единицы работы $[W] = \frac{г.\ см^2}{сек^2}$. В первом концентре преподавания физики, конечно, никакого разговора о размерности быть не может, там мы имеем дело только с наименованием величин.

В старших же классах мы имеем дело в одних случаях только с наименованием величин, а в механике и электростатике и с размерностями величин (единиц). (Подробнее об этом читатель может найти в обстоятельной статье Ф. К. Курепина „Физика в школе", 1945 г.)

Так как операции над наименованиями широко применяются в высшей школе, то преподаватель средней школы не только должен ознакомить учащихся с этим приемом, но и привить им соответствующие навыки пользования данным приемом.

Отсюда, какой бы точки зрения по данному вопросу ни придерживался сам преподаватель, он должен проводить с учащимися соответствующую работу для привития им вышеуказанного навыка.

Если преподаватель при решении задач будет часто проверять правильность полученной формулы путем операций над наименованиями входящих в формулу величин, то этим самым будет закрепляться этот прием.

В тех случаях, когда при вычислениях подставляется численное значение величин с наименованиями, полезно предварительно наметить, в каких единицах при выбранной системе единиц должна быть выражена искомая в задаче величина. Тогда „совпадение предвидения с результатом вычисления может быть только полезным педагогическим моментом" (И. И. Соколов).

С своей стороны мы считаем, что в некоторых случаях не только целесообразно, но даже необходимо вводить наименования величин и в вычисления. Укажем такие случаи.

1. При теоретическом изучении вопроса о системах единиц в механике следует при установлении указанного нами упрощенного понятия размерности величин выяснить на конкретных примерах значение операций над размерностями для установления правильного наименования результата при решении задач и проверки правильности написанных формул. Для этой последней цели можно разобрать с учащимися не только известные, но даже неизвестные им формулы, как правильно написанные, так и неправильно. Например:

$$t=\sqrt{\frac{2s}{a}},\; v=\sqrt{2as},\; Ft=mv-mv_0;\; F=\frac{mv^2}{R};\quad Fs=\frac{mv^2}{2}.$$

Если разбираются все три механических системы, то здесь же целесообразно указать применение размерности при нахождении соотношения между единицами величин разных систем.

2. При выводе наименований электрических единиц и соотношений между электростатическими и практическими единицами в X классе мы также должны воспользоваться операциями над наименованиями единиц.

3. При решении некоторых задач введение наименований в вычисления целесообразно потому, что этим путем можно упростить самые вычисления. Сюда следует отнести все задачи, в условии которых имеются величины, в наименованиях которых не соблюдена определенная система единиц, как например: давление, уд. вес, некоторые константы твердых тел и т. п. Примером таких задач может служить хотя бы следующая простая задача:

„Рассчитать наибольшую допускаемую высоту фабричной трубы" (стр. 109).

Эта задача может решаться в курсе IX класса в теме „Твердое тело“ с целью уяснения и закрепления величин и констант, характеризующих механические свойства твердого тела.

Переходим к ее решению: по условию задачи давление, производимое весом трубы, должно быть в 10 раз меньше прочности на сжатие. Отсюда мы имеем исходную формулу

$$dh = \frac{\sigma_b}{n}$$

или

$$h = \frac{\sigma_b}{nd}$$

через σ_b обозначаем прочность на сжатие, а через n — запас прочности.

Подставляя численные значения с наименованием, имеем

$$h = \frac{100\ \frac{кГ}{см^2}}{10 \cdot 0{,}0016\ \frac{кГ}{см^3}} = \frac{100\,000\ \frac{кГ}{см^2}}{16\ \frac{кГ}{см^3}} = 6250\ см = 62{,}5\ м$$

Ответ: $h = 62{,}5\ м$

Введение наименований в вычисления дает здесь возможность, не выражая величины в строго определенной системе, получать верное наименование в результате, и таким образом этот прием приводит ближе к цели.

„В тех случаях, когда при решении задачи мы имеем дело с отношением однородных величин, или, что по существу то же, однородные величины в одинаковых степенях стоят в обеих частях равенства, можно эти величины выражать в любой системе, независимо от того, в какой системе выражены остальные величины“.[1]

Сюда относятся задачи, при решении которых используются, например, следствия третьего закона Ньютона, т. е.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}, \qquad \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}.$$

Так как при определении искомой величины из этих соотношений, например, скорости v_1, масса входит в числитель и знаменатель, т. е. берется отношение масс, а оно есть число отвлеченное, то в таких случаях массу можно выражать независимо от системы единиц, в которой будут выражены скорости или ускорения, важно только, чтобы обе массы были выражены в одинаковых единицах.

Вот пример:

Задача. „Снаряд массой в 5 *кг* вылетает из орудия со скоростью $v_1 = 800\ \frac{м}{сек}$. Определить скорость, которую получит орудие при „отдаче“, если масса орудия 2 *т*“.

На основании следствия из III закона Ньютона имеем:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}, \quad v_2 = \frac{v_1 m_1}{m_2}$$

---

[1] Л. А. Сена. Единицы измерения физических величин. Стр. 38.

Выражая массу орудия и снаряда, например, в килограммах, получаем численное значение искомой скорости орудия в тех же единицах, в каких выражена скорость снаряда.

$$v_2 = \frac{800 \cdot 5}{2000} \frac{м}{сек} = 2 \frac{м}{сек}.$$

То же самое мы имеем и в тех задачах, при решении которых применяются формулы закона Бойля-Мариотта или уравнение состояния газа. В этом случае на том же основании давление можно выражать в любых единицах давления (в миллиметрах или сантиметрах рт. ст., в атмосферах, в $\frac{кГ}{см^2}$ или $\frac{кГ}{м^2}$), независимо от объема, который, в свою очередь, может выражаться в любых одноименных единицах объема.

Однако следует отметить, что вопрос о наименованиях величин и операциях над ними вряд ли может быть доведен до полного понимания учащимися средней школы. Поэтому во всех даже и таких случаях можно придерживаться одного и того же требования, а именно: все величины, входящие в условие задачи, необходимо всегда выражать в одной и той же системе. Тогда величины приведенной выше задачи на расчет наибольшей допускаемой величины фабричной трубы будут в системе, например, MKS, следующие:

$$\sigma_b = 100 \frac{кГ}{см^2} = 10^6 \frac{кГ}{м^2}; \quad d = 0{,}0016 \frac{кГ}{см^3} = 16 \cdot 10^2 \frac{кГ}{м^3}.$$

При вычислении в этом случае нет необходимости, как было уже указано, ставить наименования величин, результат сразу получается в метрах

$$h = \frac{10^6}{10 \cdot 16 \cdot 10^2} м = \frac{10^3}{16} м = 62{,}5 \ м.$$

Ответ: $h = 62{,}5$ *м*.

В системе CGS эти величины будут иметь такое численное значение: $\sigma_b = 9{,}8 \cdot 10^7 \frac{дн}{см^2}$, $d = 980 \cdot 1{,}6 \frac{дн}{см^3}$ и искомая величина $h = \frac{9{,}8 \cdot 10^7}{980 \cdot 1{,}6 \cdot 10} см = \frac{10^5}{16} см = 6250 \ см.$

Переходя к вопросу о системах единиц при решении задач, необходимо, прежде всего, сделать следующее замечание. В настоящее время в официальной программе признается обязательным изучение только одной системы CGS. В то же время в программе дается указание на необходимость введения некоторых наиболее употребительных единиц из других систем, причем не в порядке построения из них „системы“ единиц, а путем установления связи этих единиц с единицами CGS. Эта точка зрения разделяется многими методистами, которые полагают, что введение „трех систем“ в VIII классе является главнейшей причиной, делающей курс VIII класса непозволительно перегруженным, непонятным и скучным для начинающих. Одновременно они думают, что овладеть „системами“ по окончании десятилетки,

в порядке подготовки к конкурсным экзаменам, для толкового и удовлетворительно подготовленного ученика — вопрос буквально нескольких часов; это утверждение вызывает сомнение.

Мы оставляем этот вопрос в прежнем изложении и будем рассматривать не только систему CGS, но и другие две принятые в механике системы, останавливаясь главным образом на системе MKS, как наиболее употребительной и в то же время наиболее трудной для усвоения учащимися. Это делаем мы по целому ряду соображений. Во-первых, при установлении соотношений между единицами CGS и другими употребительными единицами сам преподаватель должен знать все тонкости, связанные с этими единицами. Во-вторых, так как в учебнике, имеющемся на руках учащихся, излагается не только система CGS, но и система MKS, преподаватель всегда будет получать целый ряд вопросов со стороны наиболее любознательных учащихся по поводу системы MKS и должен будет разрешать эти вопросы. В-третьих, система MKS, хотя и не входит в союзный стандарт, однако, имеет широкое распространение; в учебной литературе очень много интересных физических задач имеют числовые данные, предусматривающие решение по этой системе. В задачнике Демидова большинство задач по механике и некоторым другим отделам и ответы к ним предполагают решение в системе MKS. Кроме того, с единицей силы — *кГ*, единицей работы — *кГм*, единицей мощности — лошадиная сила, учащиеся знакомятся еще в первом концентре. Все это говорит о том, что преподаватель физики в своей практической работе все время будет сталкиваться с вопросами, имеющими отношение не только к системе CGS, но и к другим системам.

Необходимо упомянуть еще о том, что на практике в смысле применения систем единиц, при решении задач существует до настоящего времени некоторый разнобой. Одни преподаватели, как правило, проводят решение задач в одной системе, чаще всего в системе CGS; другие, наоборот, считают, что каждую задачу необходимо решать в той системе, в которой результат получается с наименьшей затратой времени в смысле вычисления. При решении задач в системе CGS приходится иметь дело с большими числами, что затрудняет учащихся. Поэтому мы считаем целесообразнее приучать учащихся в каждом отдельном случае выбирать наиболее подходящую систему.

Если отказаться от детальной проработки системы единиц MKS в VIII классе средней школы, как системы трудной для усвоения учащихся, и таким образом при решении задач использовать только систему CGS, то все же надо добиться такого положения, чтобы учащийся, решив задачу в одной системе, мог выразить результат в любой другой системе. Для этого он должен, без сомнения, знать соотношения между единицами одной и той же величины, выраженными в различных системах. Знание этих соотношений предусматривает и современная программа по физике. Эти соотношения между единицами систем CGS и MTS

легко находятся по формулам „размерности“, для чего нужно основные единицы одной системы выразить через основные единицы другой системы. Например, соотношение между стеном и диной находится так:

$$1\ сн = \frac{т \cdot м}{сек^2} = \frac{10^6\ г \cdot 10^2\ см}{сек^2} = 10^8 \frac{г \cdot см}{сек^2} = 10^8\ дн.$$

Таким же путем выводятся соотношения между единицами других величин в этих системах.

Так как в основу „технической“ системы единиц (MKS) положена не единица массы, а единица силы, то для перевода единиц этой системы в единицы систем CGS и MTS необходимо знать соотношение или между *кГ* и одной из остальных единиц силы, или же между т. е. м. (технической единицей массы) и одной из остальных единиц массы. Это соотношение может быть установлено только с помощью эксперимента. В качестве такого эксперимента может служить свободное падение тел. Результат эксперимента, заключающийся в измерении ускорения свободно падающего тела (в нашем случае эталонной гири в 1 *кг*), может быть сформулирован следующим образом: сила *кГ* сообщает массе в 1 *кг* ускорение $9{,}81\ \frac{м}{сек^2}$.

Та же сила в 1 *кГ* сообщает технической единице массы ускорение $1\ \frac{м}{сек^2}$ (на основании определения т. е. м.).

Отсюда на основании второго закона Ньютона мы имеем следующее:

Сила 1 *кГ* сообщает массе — 1 т. е. м. ускорение $1\ \frac{м}{сек^2}$

„ 1 *кГ* „ „ 1 *кг* „ $9{,}81\ \frac{м}{сек^2}$

Откуда, так как при равных силах приобретаемые ускорения обратно пропорциональны массам,

$$\frac{1\ \text{т. е. м.}}{1\ кг} = \frac{9{,}81\ \frac{м}{сек^2}}{1\ \frac{м}{сек^2}}$$

получаем: 1 т. е. м. $\doteq$ 9,81 *кг* = 9 810 *г*.

Соотношение между силой в 1 *кГ* и диной можно вывести путем таких же рассуждений. Сила в 1 *Г* сообщает при свободном падении массе в 1 *г* ускорение $981\ \frac{см}{сек^2}$, а сила в 1 дину сообщает массе в 1 *г* ускорение $1\ \frac{см}{сек^2}$, что кратко можно записать так:

$$1\ \ Г — 1\ г — 981\ \frac{см}{сек^2}$$

$$1\ дн — 1\ г — \ \ 1\ \frac{см}{сек^2}.$$

Откуда: 1 *Г* = 981 *дн*, 1 *кГ* = 1000 *Г* = 981 000 *дн*.

$$1\ кГ = 9{,}81 \cdot 10^5\ дн.$$

Этими соотношениями приходится пользоваться на практике.

Одного из этих двух соотношений достаточно, чтобы найти соотношения между остальными единицами системы MKS и других систем. Для этого необходимо в соответствующих формулах „размерности" заменить единицу массы или единицу силы.

В качестве иллюстрации того, как можно, решая задачу в одной какой-нибудь системе, например, в CGS, получить окончательный ответ в любой системе единиц, приведем решение простой типовой задачи из курса VIII класса.

„Снаряд массой в 8 *кг* ударился со скоростью 500 $\frac{м}{сек}$ в земляной вал и углубился на 2 *м*. Найти силу сопротивления вала, считая ее постоянной".

Механический процесс при решении этой задачи можно объяснить так: работа силы сопротивления при движении снаряда в земляном вале равна уменьшению запаса кинетической энергии снаряда. Откуда для решения задачи можно применить такое соотношение:

$$Fs = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2},$$

где

$$s = 2\ м = 200\ см,\ m = 8\ кг = 8\,000\ г,$$

$$v = 0 \text{ и } v_0 = 500\ \frac{м}{сек} = 50\,000\ \frac{см}{сек},$$

$$F = -\frac{mv_0^2}{2s};\ F = -\frac{8 \cdot 10^8 \cdot 25 \cdot 10^8}{2 \cdot 2 \cdot 10^2}\ дн = -5 \cdot 10^{10}\ дн.$$

Зная, что 1 $кГ = 9{,}81 \cdot 10^5$ *дн* и 1 $сн = 10^8$ *дн*, можно эту силу выразить в *кГ* и в *сн*:

$$F = -\frac{5 \cdot 10^{10}}{9{,}81 \cdot 10^5}\ кГ \simeq -51\,000\ кГ;\quad F = -\frac{5 \cdot 19^{10}}{10^8}\ сн = -500\ сн$$

(знак минус здесь показывает, что сила направлена противоположно движению).

Необходимо остановиться еще на некоторых примерах, представляющих тот или иной методический интерес в смысле применения систем единиц.

Большие затруднения составляют для учащихся VIII класса такие задачи, в которых необходимо найти силу тяги при равномерно-переменном движении с учетом трения. Приведем конкретный пример:

„Поезд весом в 400 *T* движется с ускорением 0,2 $\frac{м}{сгк^2}$. Найти силу тяги паровоза, если коэффициент трения равен 0,005".

Задача эта может решаться в VIII классе при закреплении законов Ньютона.

Физическая сторона этой задачи, как общее правило, не встречает никаких затруднений. Учащиеся правильно пишут исходную формулу, т. е.

$$F = F_1 + F_2,$$

где F — сила тяги, F_1 — сила трения, F_2 — сила, изменяющая дви-

жение. Далее так же правильно применяются для нахождения этих сил такие соотношения:

$$F_1 = fP, \quad F_2 = ma.$$

Но дальнейшее решение — получение численных результатов — вызывает большие трудности из-за наименования главным образом силы трения. Если задача решается в системе, например CGS, то сила трения у большинства учащихся от умножения веса поезда в граммах на коэффициент трения f получается в динах, если же решение производится в системе MKS, то опять-таки многие учащиеся получают силу трения в $кГ$, умножая массу в технических единицах массы на коэффициент трения.

Произведем вычисления этой задачи в двух названных системах, подставляя численные значения величин в формулу

$$F = fP + ma$$

1. Вычисления в системе CGS:

$$F = 4 \cdot 10^8\, г \cdot 980\, \frac{см}{сек^2} \cdot 0{,}005 + 4 \cdot 10^8\, г \cdot 20\, \frac{см}{сек^2} =$$
$$= 4 \cdot 10^8 \cdot 24{,}9 = 99{,}6 \cdot 10^8\, дн \simeq 10^{10}\, дн$$

2. Вычисления в системе MKS:

$$F = 400\,000\, кГ \cdot 0{,}005 + \frac{400\,000\, кГ \cdot 0{,}2\, \frac{м}{сек^2}}{9{,}8\, \frac{м}{сек^2}} \simeq 10\,000\, кГ$$

Возьмем другой пример:

„Определите удельный вес тела, объем которого 0,5 $м^3$ и которому сила в 20 $кГ$ сообщает ускорение 5 $\frac{см}{сек^2}$“.

Эта задача, являясь по своему содержанию несколько искусственной, все же может быть использована в VIII классе, как задача, содержание которой увязывает основные вопросы различных отделов курса. Кроме этого, на такого рода задачах особенно хорошо можно уяснить учащимся, как и на предыдущей задаче, переход от „систем единиц“ к „весовой“ (метрической) системе, что имеет значение в смысле понимания вообще систем единиц. Перейдем к решению задачи. Будем производить решение в системе CGS. Краткая запись условия будет следующая:

На тело действует сила:

$F = 20 \cdot 9{,}8 \cdot 10^5\, дн$

$a = 5\, \frac{см}{сек^2}$

$V = 5 \cdot 10^5\, см^3$

$g = 980\, \frac{см}{сек^2}$

$d = ?$

Решая задачу аналитическим способом, мы имеем следующую исходную формулу:

1) $d = \frac{P}{V}$

2) $P = mg$

Массу тела, на основании данных в условии задачи, силы и ускорения движения можно определить из основного уравнения динамики.

$$m = \frac{F}{a}.$$

В последнем уравнении F и a известны, значит, можно перейти к вычислениям:

1. $m = \frac{20 \cdot 9{,}8 \cdot 10^5}{5} = 39{,}2 \cdot 10^5$ *г.*

2. $P = 39{,}2 \cdot 10^5 \cdot 980$ *дн.*

3. $d = \frac{39{,}2 \cdot 10^5 \cdot 980 \text{ дн.}}{5 \cdot 10^5 \text{ см}^3} = 7{,}8 \cdot 980 \frac{\text{дн}}{\text{см}^3} = 7{,}8 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}.$

Мы привели решение последней задачи полностью в системе CGS, как обычно поступают на практике при решении подобного рода задач в механике после установления системы CGS. Второй и третий вопрос в этом решении мог быть даже с большим успехом опущен, а дальнейшее решение задачи может быть проведено так. Удельный вес обычно выражается в $\frac{\Gamma}{\text{см}^3}$, следовательно, для его определения должен быть известен вес тела в граммах. По силе и ускорению в первом вопросе определена масса тела в граммах, которая численно равна весу тела в граммах (метрическая система мер).

Отсюда

$$d = \frac{39{,}2 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^5} \frac{\Gamma}{\text{см}^3} \simeq 7{,}8 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$$

$$d = 7{,}8 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}.$$

Таким образом, совершенно лишним в приведенном выше решении оказывается действие, в котором вес выражается в единицах силы определенной механической системы (в данном случае в динах). Вообще следует отметить, что многие ошибки и трудности при решении тех задач механики, в которых приходится пользоваться весом тел, как показывают наблюдения, можно объяснить тем, что соотношение $P = mg$ не доведено до полного сознания учащихся. Нам думается, независимо от того, будет ли изучаться одна система единиц CGS в механике или все три механические системы, следует при изучении вопроса „системы единиц" неоднократно подчеркивать, что только в „весовой" (десятичной) системе масса и вес выражаются одним и тем же числом, в механических же системах масса и вес выражаются различными числами, подчиняясь соотношению $P = mg$, т. е. вес в системе CGS

выражается, как и всякая сила, в динах, отсюда удельный вес в этой системе имеет наименование не $\frac{Г}{см^3}$, а $\frac{дн}{см^3} = \frac{г}{сек^2 см^2}$ (последнее наименование не привычное для практики), наименование плотности в этой системе будет такое же, как и в „весовой“ — $\frac{г}{см^3}$. При выяснении соотношения $P = mg$ полезно решать такие задачи-примеры:

Сколько весит единица массы каждой системы? Какой массе соответствует вес, равный единице силы в каждой системе? Выразить единицу массы технической системы в *г* и т. п.

Остановимся на последнем примере.

„Размерность“ единицы массы в технической системе, как известно, будет $\frac{кГ \cdot сек^2}{м}$. Поступая по общему правилу перехода от одной системы к другой, выражаем все единицы в соответствующих единицах системы CGS и получаем:

$$\frac{кГ \cdot сек^2}{м} = \frac{9{,}8 \cdot 10^5 \ дн \ сек^2}{100 \ см} = 9{,}8 \cdot 10^3 \frac{г. \ см. \ сек^2}{сек^2 см} = 9\,800 \ г.$$

То же самое можно получить, не пользуясь общим правилом, а рассуждая следующим образом. Из определения технической единицы массы имеем, что она есть масса тела, вес которого на широте 45° равен приблизительно 9,8 *кГ*, т. е. 9800 *Г*. В „весовой“ же (десятичной) системе масса численно равна весу, т. е. масса этого тела равна 9800 *г*.

Все эти примеры помогают четкости усвоения систем единиц.

При решении некоторых комбинированных задач, связанных с превращением тепловой энергии в механическую, на практике часто встречаются ошибки из-за того, что в теплоте масса измеряется в *кг*, а в механике в этом случае она измеряется в технических единицах массы, о чем учащиеся IX класса часто забывают. На этот вопрос необходимо обратить внимание учащихся при решении подобного рода задач. Примером такой задачи может быть хотя бы такая:

„Какую скорость надо сообщить куску железа, чтобы его кинетическая энергия при превращении в теплоту могла нагреть его на 1° С?“ (Демидов, № 571.)

При решении этой задачи для учащихся главную трудность составляет, конечно, отсутствие в условиях задачи массы тела. Надо на целом ряде примеров научить их рассуждать в этих случаях приведением массы к единице, чтобы учащиеся, решая такую задачу в общем виде, при сокращении понимали физический смысл этой математической операции.

Если учащимися усвоены рассуждения относительно массы тела, то решение данной задачи не вызовет значительных затруднений, так как физический процесс — превращение механической энергии в тепловую — ясно выражен в задаче. Учащиеся свободно напишут основное соотношение, из которого исходим при решении этой задачи $E = JQ$

Заменяя левую и правую части этого соотношения через соответствующие им формулы, получаем в системе CGS и MTS такое уравнение

$$\frac{mv^2}{2} = Jcm\Delta t^0.$$

Для массы в обеих частях равенства ставим одинаковые обозначения, так как массы „инертная" и „весовая" выражаются в одних единицах и равны между собой.

В технической системе обозначения для массы надо взять разные, так как инертная масса измеряется в т. е. м., а весовая в *кг*. Поэтому предыдущее уравнение в системе MKS будет иметь такой вид

$$\frac{m_0 v^2}{2} = Jcm\Delta t^0$$

или

$$\frac{Pv^2}{2g} = Jcm\Delta t^0.$$

В последнем уравнении P и m численно равны между собою. Отсюда окончательное выражение для искомой величины будет в первых двух системах

$$v = \sqrt{2Jcm\Delta t^0}$$

и в системе MKS

$$v = \sqrt{2gJc\Delta t^0}.$$

При подстановке численных значений величин в эти формулы надо помнить, что числовое значение механического эквивалента теплоты не одинаково в различных системах. Учащиеся обычно забывают об этом, так как они знают только одно числовое значение в системе MKS — 427 $\frac{кГм}{ккал}$. Надо потребовать от учащихся, если не запоминания других численных значений механического эквивалента $\left(4{,}2\ \frac{кдж}{ккал} \approx 4{,}2 \cdot 10^7\ \frac{эрг}{кал}\right)$, то уменья находить эти значения из соотношений между единицами работ разных систем. Подстановку числовых значений в формулу для скорости в приведенной задаче и самые вычисления мы опускаем. Обращаем внимание преподавателей, что без детального объяснения в классе давать учащимся такого рода задачи не следует.

В X классе в смысле наименований величин заслуживает внимания задача, связанная с расчетом длины проводника по сопротивлению и массе или весу его. Приведем пример.

Задача. „Катушка медного провода весит 7,6 *кГ*. Сопротивление 28,5 *ом*. Сколько метров провода в катушке?"

Решение и запись его могут быть даны в таком виде:

Медный провод:

$P = 7{,}6$ *кГ*

$R = 28{,}5$ *ом*

$d = 8{,}9 \frac{Г}{см^3}$

$$\rho = 0{,}018\ \frac{ом\ мм^2}{м}$$

$$l = ?$$

Вес и сопротивление провода зависят от линейных его размеров, через которые и нужно выразить обе эти величины:

$$P = dSl$$

$$R = \frac{\varrho l}{S}$$

Решение этих двух уравнений позволяет определить искомую в задаче величину

$$S = \frac{\varrho l}{R}; \quad P = \frac{d\varrho l^2}{R}; \quad l = \sqrt{\frac{PR}{d\varrho}}.$$

При вычислении следует вес выражать в *Г*, а удельное сопротивление брать „физическое" вместо „технического"

$$l = \sqrt{\frac{7\,600 \cdot 28{,}5}{8{,}9 \cdot 1{,}8 \cdot 10^{-6}}}\ см \simeq 115\,000\ см \simeq 1140\ м$$

$$l = 1150\ м.$$

По вопросу о системах единиц при решении задач следует сделать еще следующие замечания. В различных отделах курса имеется целый ряд задач, предусматривающих решение их в определенной системе. К таким задачам относятся задачи, при решении которых применяются формулы закона „Всемирного тяготения", закона Кулона, задачи по электрическому полю, в которые входят в качестве данной или искомой величины расстояние и др. На это обстоятельство нужно в соответствующие моменты обратить внимание учащихся, объясняя в каждом случае, чем это вызывается. При объяснении закона Джоуля-Ленца надо обратить внимание на то, что количество теплоты при вычислении по формуле этого закона получается всегда в калориях и что время всегда выражается в секундах.

5. Оформление решения задач по физике

При разборе решения некоторых задач мы уже приводили запись решения в определенном порядке. Однако в виду практической важности этого вопроса считаем необходимым остановиться на нем особо. По поводу порядка записи решения задач существуют разные мнения, а на практике при разрешении этого вопроса наблюдается большой разнобой. С одной стороны, при требовании от учащихся определенного порядка в записи решения задач преподаватель всегда встречает большое сопротивление со стороны учащихся, часто даже наиболее способных, которые считают, что никакого определенного оформления решения задач не нужно, так как оно тормозит решение, важно только, чтобы задачи были решены. Так думают и отдельные преподаватели физики. С другой стороны, учащиеся без предъявления к ним со стороны преподавателя в этом направлении определенных требований дают такую беспорядочную и небрежную запись решения и в тетрадях и в контрольных работах, что в ней часто

трудно разобраться не только постороннему человеку, но и им самим. Нам думается, что преподаватель должен приучать учащихся к ведению записи решения задачи в определенном порядке, постоянно обращая на это должное внимание.

Надо иметь всегда в виду, что четкая запись всего решения облегчает работу в смысле проверки и уменьшает возможность ошибок. Со стороны практики к ней предъявляются в основном такие требования: она должна быть проста по форме, занимать не слишком много места, обеспечивать быстрый контроль, в ней не должно быть ничего искусственного, надуманного. С этой точки зрения и исходя из указанных выше этапов решения задач, нам представляется практически приемлемым такой порядок записи решения:

1. Краткая буквенная запись условия задачи.
2. Рисунок или чертеж.
3. Решение задачи в общем виде.
4. Вычисления.
5. Ответ задачи.

Краткая запись условия производится в столбик с левой стороны тетради или доски, причем для буквенного обозначения величин следует применять стандартные обозначения или, в крайнем случае, обозначения, принятые в учебнике, но отнюдь не произвольные, как часто наблюдается на практике. Числовые записи сопровождаются наименованиями.

Краткой буквенной записи предшествует или краткая словесная запись (стр. 109) или в отдельных случаях полный текст задачи. Рисунок или схематический чертеж делается с правой стороны рядом с краткой записью. За ним, если позволяет место, при алгебраическом способе записывается буквенное решение задачи; при этом формулу, дающую ответ на вопрос задачи, можно рекомендовать подчеркивать или брать в рамочку. Если искомая величина выражается не основной, а производной формулой, то в старших классах целесообразно, прежде чем подставлять численное значение величины, написать эту производную формулу и уже в нее подставить числовые данные. На учащихся VI и VII классов это требование можно и не распространять. Вычисления производятся в следующем за общим решением столбце или ниже его, причем в формулы численные значения величин пишутся без наименований, а последними сопровождаются только промежуточные и конечные результаты. Ответ выписывается отдельно после вычислений, причем его можно рекомендовать учащимся для выделения подчеркивать. Что касается объяснения решения задачи, то его для экономии времени и места в каждой задаче можно не писать, но в ряде случаев целесообразно записать, на основании какой закономерности решается задача или на что следует обратить внимание при решении задачи. По поводу записи кратких объяснений не может быть общего решения вопроса, а в каждом отдельном случае этот вопрос может быть решен по-разному. Во

всяком случае, нельзя производить при решении лишних записей, но в то же время нельзя давать такую запись решения, которая была бы непонятна учащимся. Отсюда всякие, особенно новые для учащихся обозначения величин должны сопровождаться соответствующими пояснениями, которые должны входить в запись решения. Результаты вычислений необходимо давать в десятичных дробях, допуская в них округления с соблюдением для каждого случая требуемой степени точности. Результаты промежуточных вычислений иногда полезно оставлять в простых дробях, так как этим в некоторых случаях достигается большая точность окончательного результата. В связи с порядком записи решения со стороны отдельных преподавателей поступают такого рода вопросы: где производить вычисления (имеется в виду умножение, деление и т. д. больших чисел)? Нужно ли при арифметическом способе решения задачи писать вопросы? Как быть с записью сложных наименований некоторых констант в VI и VII классах, например: удельной теплоемкости, удельной теплоты плавления и парообразования, удельного сопротивления и некоторых других? Нужно ли требовать от учащихся в контрольных работах писать объяснения к задачам? и т. д. Попытаемся разобрать некоторые из этих вопросов. Относительно арифметических расчетов при решении задач дело обстоит не совсем благополучно. Частые ошибки в этих расчетах во многих случаях объясняются тем, что они производятся где угодно, только не на месте, где изложено решение задачи. Нам представляется, что „черновые" расчеты должно вести там же, где производится подстановка в формулу численных значений величин или рядом за отведенной чертой. Во всяком случае при решении задачи должны быть видны и эти „черновые" расчеты, а не только их результаты. Относительно записи вопросов при арифметическом решении задач мы уже указывали при разборе этого способа решения. Здесь же добавим, что во многих случаях вопросы можно заменить названием величины, которая определяется данным действием. В некоторых задачах такой формой записи мы уже пользовались. Вместо того, чтобы записать вопрос „чему равна работа, например, насоса", можно записать короче: „Работа насоса" и т. п. Вопрос о записи сложных наименований констант в VI и VII классах на практике решается различно: чаще всего эти константы при решении задач пишутся без всякого наименования, например, удельная теплоемкость железа $= 0{,}1$ (никакого наименования нет). Другие преподаватели ставят наименование, как например в приведенном примере — „калория". В этом случае в записи не делается никакой разницы между различными тепловыми константами — все они будут иметь одно и то же наименование, например, для воды $C = 1$ *кал*, $q = 80$ *кал* $r = 539$ *кал*.

Наконец, встречаются и такие преподаватели, которые стремятся научить учащихся применять правильные наименования для этих констант. Нам представляется, что все они в своих

рассуждениях имеют достаточно веские с практической точки зрения основания, которые мы здесь не приводим.

С своей стороны, мы считаем совершенно недопустимым приписывать к числовому значению соответствующих констант неправильные наименования, так как в будущем придется „переучивать" учащихся, а это, как показывает практика, дело не легкое. Наименование всех тепловых констант при соответствующей работе по конкретизации понятий, выражаемых этими константами, может быть вполне осознано, а не только взято „на память" учащимися VII классов, так как эти наименования имеют ясно выраженный физический смысл. Поэтому нет никаких оснований писать вышеуказанные константы без соответствующих наименований.

Приведем теперь несколько примеров оформления задач в разных классах.

Задача. „Дирижабль идет со скоростью 15 $\frac{м}{сек}$ при двух моторах мощностью по 110 *л.с.* каждый. Определить силу тяги моторов".

Оформление этой задачи в VI классе может быть такое.

Дирижабль приводится в движение 2 моторами:

$N = 110$ *л.с.* $\cdot 2 = 220$ *л.с.*

$v = 15 \frac{м}{сек}$

$F = ?$

Решение

1. Какова мощность моторов в $\frac{кГм}{сек}$?

$$N = 75 \cdot 220 = 16\,500 \frac{кГм}{сек}$$

1) 75 × 220 = 150 + 150 = 16500

2. Какова работа моторов за 1 сек.?

$$W = Nt;\; W = 16\,500 \cdot 1\ кГм = 16\,500\ кГм$$

$$W = 16\,500\ кГм.$$

3. Какой путь проходит дирижабль за 1 сек.?

$$s = vt;\quad s = 15 \cdot 1 = 15\ м.$$

4. Какова сила тяги моторов?

$$F = \frac{16\,500}{15}\ кГ = 1\,100\ кГ$$

$$F = 1\,100\ кГ.$$

16 500 | 15; 15 → 1100

Запись решения могла быть и без вопросов или вопросы могут быть заменены, как мы указывали, следующей словесной записью:

1. Мощность моторов.
2. Работа за 1 сек.
3. Путь за 1 сек.
4. Сила тяги моторов.

Кроме этого, вычисления первого и четвертого вопросов могли быть расположены непосредственно под соответствующим вопросом.

Задача. „При давлении 5 *кГ* на 1 *см*² поверхность воды кипит при температуре 151° и скрытая теплота парообразования для нее в этом случае равна 505,4 $\frac{ккал}{кг}$. Сколько угля надо сжечь в топке парового котла для получения 100 *кг* пара при этих условиях? Начальная температура воды 10° и коэффициент полезного действия котла 80%“. (Демидов, № 331).

Эту задачу полезно решить в IX классе при рассмотрении зависимости температуры кипения от давления. При анализе задачи следует обратить внимание учащихся на величину удельной теплоты парообразования воды при данном давлении. В условии задачи есть давление, введенное для характеристики процесса и лишнее при решении. Это данное всегда затрудняет учащихся, — не знают, что с ним делать.

Приводим запись всего решения этой задачи без всяких комментариев:

Паровой котел:

$m = 100$ *кг* (пара)

$t^0 = 151°$

$t_0^0 = 10°$

$r = 505{,}4 \frac{ккал}{кг}$ (удельная теплота парообразования воды).

$\eta = 80\%$

$q = 7\,000 \frac{ккал}{кг}$

$m_1 = ?$ (количество угля)

Решение

1) $q m_1 \eta = m(t^0 - t_0^0) + rm$

2) $m_1 = \frac{m(t^0 - t_0^0) + rm}{q\eta}$

Вычисления

$m_1 = \frac{100\,(151 - 10) + 505{,}4 \cdot 100}{7000 \cdot 0{,}8} =$

$= \frac{14100 + 50\,540}{5600} \simeq 11{,}5$ *кг*

$$\begin{array}{r} 14\,100 \\ +\ 50\,540 \\ \hline 64\,640 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 64\,640 & 5600 \\ 560 & \overline{11{,}5} \\ \hline 864 & \\ 560 & \\ \hline 3040 & \\ 2800 & \end{array}$$

„Копер весом 400 *кГ* ударяет в сваю, вбитую в грунт. Определить среднее сопротивление грунта и продолжительность удара, если известно, что при каждом ударе свая погружается в грунт на 5 *см*, а высота поднятия копра 1,5 *м*".

Эта задача является типовой в теме „Механическая работа и энергия". Решение ее и запись можно представить в таком виде по принятой нами схеме:

Копер ударяет в сваю:

$P = 400$ *кГ* (вес груза)
$h = 1{,}5$ *м* (высота поднятия груза)
$s = 5$ *см* (глубина погружения сваи)

---

1) $F = ?$ (сопротивление грунта)
2) $\Delta t = ?$ (продолжительность удара)

Решение

I. 1) $F = \frac{W}{s}$

2) $W = E = \Pi = Ph$

$F = \frac{Ph}{s}$

II. $\Delta t = \frac{s}{v_{ср}}$; $v_{ср} = \frac{v_0 + v}{2}$

$v_0 = \sqrt{2gh}$; $v = 0$

$v_{ср} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$

$\Delta t = \frac{2s}{\sqrt{2gh}}$

Вычисления

1) $F = \frac{400 \cdot 1{,}5}{0{,}05}$ кГ $=$

$= 400 \cdot 30$ кГ $= 12\,000$ кГ

$F = 12\,000$ кГ

2) $\Delta t = \frac{2 \cdot 0{,}05}{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1{,}5}} \simeq 0{,}02$ сек.

$\Delta t = 0{,}02$ сек.

$\sqrt{30} \simeq 5{,}47 \simeq 5{,}5$

$$\begin{array}{r|l} 0{,}1 & 5{,}5 \\ \hline 100 & 0{,}018 \simeq 0{,}02 \\ \hline 450 & \\ \hline 10 & \end{array}$$

Ответ: 1) $F = 12\,000$ *кГ*; $\Delta t \simeq 0{,}02$ сек.

Приведем оформление записи решения этой задачи еще в двух других видах: 1) Порядок записи предложен Научно-исследовательским институтом политехнического образования; 2) Схема предлагается в статье Г. И. Лютцау („Физика в школе", 1937, № 4).

По первой схеме решение и порядок этой записи производится в таком виде: [1]

Задача. „Копер весом 400 *кГ* ударяет в сваю, вбитую в грунт. Определить среднее сопротивление грунта и продолжительность

---

[1] В. И. Кармилов. Из „Ученых записок" Пермского государственного педагогического института. Вып. 3, 1938.

удара, если известно, что при каждом ударе свая погружается в грунт на 5 *см*, а высота поднятия копра 1,5 *м*."

$P = 400$ *кГ*
$h = 1{,}5$ *м*
s сваи 5 *см*
Сопр. грунта F?
Продол. удара Δt?

Решение

Основное содержание задачи.

Кинетическая энергия копра переходит в работу против сопротивления грунта при вбивании сваи. После удара в сваю в течение очень краткого времени скорость копра уменьшается до нуля вследствие противодействия сопротивления грунта.

План решения

1. Найти величину кинетической энергии копра и приравнять ее работе сопротивления грунта при вхождении в него сваи.

2. Из составленного равенства определить F.

3. Составить равенство между импульсом силы F и разностью количеств движения копра до удара в сваю и после прекращения ее движения.

4. Из составленного равенства найти Δt.

Вычисление

2. $F = \frac{400 \cdot 1{,}5}{0{,}05}$ *кГ* $= 12\,000$ *кГ*.

4. $\Delta t = \frac{\sqrt{2} \cdot 0{,}05}{\sqrt{9{,}8 \cdot 1{,}5}}$ сек. $= 0{,}0184$ сек.

1. $\frac{1}{2} mv^2 = Fs$

$\frac{1}{2} mv^2 = mgh$

$mgh = Fs$

2. $F = \frac{mgh}{s}$

3. $F\Delta t = mv_1 - mv_0$

$v_1 = 0$

$\frac{mgh}{s} \Delta t = -mv_0$

$\Delta t = \frac{v_0 s}{gh}; \quad v_0 = \sqrt{2gh}$

4. $\Delta t = \frac{\sqrt{2}\, s}{\sqrt{gh}}$

По второй схеме решение и запись этой задачи даны в табл. 1.

В первой из этих схем длинная словесная запись вряд ли может быть практически приемлемой, особенно при решении задачи

Таблица 1

Данные и вопросы задачи	Законы и определения		Преобразования	Вычисления
$P_{груз.} = 400\ кГ$	I. $F_{гр.}$	II. Δt	$\boxed{F}$	Система MKS
$F_{гр.}$	$F_{гр.} = F_{св.}$	$F_{гр.}\ \Delta t = mv_1 - mv_0$	$A_{св.} = Ph$	$F = \frac{400\ кГ \cdot 1{,}5\ м}{0{,}05\ м}$
$\Delta t_{угл.}$?	$A_{св.} = F_{св.}\ S_{св.}$	$m = \frac{P}{g}$	$- F_{гр.}\ s = Ph$	$F = -12\,000\ кГ$
$H_{груз.} = 1{,}5\ м$	$A_{св.} = W_{гр.\ кин.}$	$v_1 = 0$	$F_{гр.} = \frac{Ph}{s}$	$\Delta t = \frac{0{,}05\ м \sqrt{2}}{\sqrt{9{,}8\ \frac{м}{сек^2}\ г.\ 1{,}5\ м}}$
$S_{св.} = 5\ см = 0{,}05\ м$	$W_{гр.} = W_{гр.\ пот.}$	$v_0 = v_{пад.}$	Δt	
	$W_{гр.} = A_{гр.}$	$v_0 = \sqrt{2gh}$	$F\Delta t = -\frac{P}{g} v_{пад.}$	$\Delta t = 0{,}0184$ сек.
	$A_{гр.} = Ph$		$\Delta t = \frac{s\sqrt{2}}{\sqrt{gh}}$	

в классе. Мы уже указывали, что в словесной форме можно, и то очень кратко, записывать основное содержание задачи с указанием физической закономерности, на основании которой решается задача, и вводимые при решении обозначения. Кроме того, в этой записи, нам думается, не совсем удачно располагаются вычисления — оторванно от общего решения. Во второй схеме Г. И. Лютцау, нам думается, совершенно лишнее отделять „преобразования“ от „законов и определений“, а в последних очень много записано такого, которое без всякого ущерба для ясности решения может быть опущено.

Приведем еще один пример записи одной и той же задачи при решении ее в VII и X классе.

Вот пример записи решения в VII классе.

Задача. „Сколько весит медная проволока, имеющая длину 1 *км* и сопротивление 0,6 ома?“

Медная проволока:

$l = 1$ *км* $= 1000$ *м*

$R = 0{,}06$ ома

$\varrho = 0{,}018 \frac{\text{ом } мм^3}{м}$

$d = 8{,}9 \frac{Г}{см^3}$

$P = ?$

1. Сечение проволоки

$$R = \frac{pl}{S}; \quad S = \frac{pl}{R}$$

$$S = \frac{0{,}018 \cdot 1000}{0{,}6} мм^2 = \frac{180}{6} мм^2 = 30\ мм^2$$

$$S = 30\ мм^2 = 0{,}3\ см^2$$

2. Объем проволоки

$$V = Sl, \quad l = 1000\ м = 100\,000\ см$$

$$V = 0{,}3 \cdot 100000\ см^3 = 30\,000\ см^3$$

$$V = 30\,000\ см^3$$

3. Вес проволоки

$$P = Vd; \quad P = 8{,}9 \cdot 30\,000\ Г = 267\,000\ Г$$

$$P = 267\,000\ Г = 267\ кГ$$

Ответ: Вес проволоки $P = 267$ *кГ*.

При решении этой же задачи в X классе порядок решения и запись ее могли быть примерно такие:

Медная проволока

$t = 1$ *км* $= 1000$ *м*

$R = 0{,}6$ ома

$\varrho = 0{,}018 \frac{\text{ом } мм^2}{м} = 1{,}8 \cdot 10^{-8}$ ом *см*

$d = 8{,}9 \frac{Г}{см^2}$

$P = ?$

Решение	*Вычисления*
1) $P = dV$	$l = 1000\ м = 10^5\ см$
2) $V = Sl$	$P = \frac{8{,}9 \cdot 1{,}8 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{10}}{0{,}6}\ Г = 8{,}9 \cdot 3 \cdot 10^4\ Г = 267 \cdot 10^3\ Г$
3) $S = \frac{\varrho l}{R}$	$P = 267 \cdot 10^3\ Г = 267\ кГ$
$P = \frac{d \varrho l^2}{R}$	$P = 267\ кГ.$

Все расчеты при решении подобного рода задач проводятся устно.

Заканчивая с вопросом порядка записи решения задач, укажем еще на некоторые формальные недочеты, которые иногда встречаются. При решении задач по готовой формуле обычно знаком равенства соединяют формулу с вычислением.

Пример:

Работа двигателя за сутки при мощности 15 *л.с.* записывается в таком виде:

$$W = Nt = 75 \cdot 15 \cdot 86\,400\ кГм.$$

Нам представляется эта запись такой:

$$W = Nt;\ N = 75 \cdot 15 \cdot 86\,400\ кГм.$$

Далее, часто при вычислениях теплоты в калориях окончательный результат пишется *ккал*.

$$Q = 1000 \cdot 50 = 50\ ккал.$$

Следует, думается, записать это в таком виде:

$$Q = 1000 \cdot 50\ кал = 50\ ккал.$$

Еще пример:

Задача. „Во сколько времени в электрическом кипятильнике 1 *л* воды нагревается от 15° до 100° С, если напряжение в сети 120 V. Сопротивление кипятильника равно 24 ома, а его коэффициент полезного действия равен 80%?"

При вычислениях в этой задаче встречается часто такая запись

$$t = \frac{1000 \cdot 86{,}4 \cdot 24}{0{,}24 \cdot 120^2 \cdot 0{,}8} = 12{,}5\ мин.$$

Здесь опять-таки следует записать или так:

$$t = \frac{1000 \cdot 86{,}4 \cdot 24}{0{,}24 \cdot 120^2 \cdot 0{,}8}\ сек. = 12{,}5\ мин.$$

или в знаменатель поставить множитель 60.

На все эти „мелочи" следует обращать внимание учащихся, чтобы выработать у них столь ценный навык, как критическое отношение ко всему тому, что они делают.

ПРИЕМЫ, ПОМОГАЮЩИЕ СОЗНАТЕЛЬНОМУ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

1. Формальное решение задач и борьба с ним

Решение задач, являясь одним из важных и необходимых видов работ при преподавании физики, способствующих прочному и сознательному усвоению учащимися курса физики, будет иметь действительную ценность в педагогическом процессе только в том случае, если будет проводиться методически правильно. На практике очень часто приходится наблюдать формальный подход к решению задач как самих преподавателей, так особенно учащихся.

При формальном подходе к решению задачи учащиеся не вникают в физический смысл содержания задачи; они стремятся подыскать подходящие формулы и получить нужный ответ, часто мало интересуясь, каким путем этот ответ получен.

Бывают на практике такие случайные совпадения, что неправильное решение задачи все же дает окончательный результат, совпадающий с приведенным приближенным ответом задачи, и учащиеся удовлетворяются таким решением. В этих случаях и всегда необходимо обращать внимание учащихся на следующее положение:

Решение всякой задачи по физике всегда должно верно отображать физический смысл содержания задачи. Только что сказанное можно иллюстрировать таким примером из курса VIII класса.

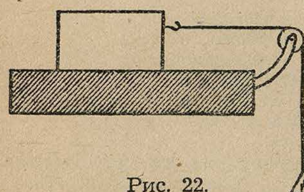


Рис. 22.

Задача. „На столе лежит деревянный брусок (рис. 22), к которому привязана нить, перекинутая через блок. К другому концу нити подвешен груз в 0,85 *кГ*, после чего брусок начал двигаться равномерно-ускоренно и за 3 сек. прошел путь в 81 *см*. Вес бруска 2 *кГ*. Определить коэффициент трения". (Демидов, № 535.)

Краткая запись условия:

Деревянный брусок движется равномерно-ускоренно:

$P_1 = 0{,}85$ *кГ*

$s = 0{,}81$ *м*

$P = 2$ *кГ*

$t = 3$ сек.

$g \simeq 10 \frac{м}{сек^2}$

$f = ?$

При самостоятельном решении этой задачи большинство учащихся решает ее неправильно, а именно: часто, не вдумываясь в содержание задачи, они принимают силу P_1 за силу трения и получают сразу окончательный ответ по формуле

$$f = \frac{P_1}{P};\ f = \frac{0,81}{2} = 0.4,$$

совпадающий с правильным приближенным ответом задачи. Такое решение, без всякого сомнения, неверно, так как не отражает истинного процесса, изображенного в задаче; не учтено, что движение равномерно-ускоренное. Правильное решение здесь будет следующее:

Исходная формула

$$f = \frac{F_1}{P}, \quad (1)$$

где F_1 — сила трения;

$$F_1 = P_1 - F_2 \quad (2)$$

F_2 — сила, изменяющая движение:

$$F_2 = ma \quad (3)$$

$$m = \frac{P+P_1}{g} \quad (4)$$

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (5)$$

Переходим к вычислениям, без составления общей формулы, причем вычисления проводим в системе MKS.

1. $a = \frac{2 \cdot 0,81}{9}\ \frac{м}{сек^2} = 0,18\ \frac{м}{сек^2}$
2. $m = \frac{2,85}{10}$ т. е. м. $\simeq 0,3$ т. е. м.
3. $F_2 = 0,3 \cdot 0,18\ кГ = 0,054\ кГ$
4. $F_1 = 0,85\ кГ - 0,054\ кГ = 0,796\ кГ$
5. $f = \frac{0,796}{2} = 0,398 \simeq 0,4$

$$f = 0,4.$$

В системе CGS вычисления этой задачи будут следующие:

1. $a = \frac{2 \cdot 81}{9}\ \frac{см}{сек^2} = 18\frac{см}{сек^2}$
2. Масса тела в г численно равна весу в Г, т. е. $m = 2850$ г
3. $F_2 = 2850 \cdot 18\ дн = 51\,000\ дн$
4. $F_1 = 0,85 \cdot 10^6 - 51000 = 79\,900\ дн$
5. $P = 2 \cdot 10^6$ дн.

$$f = \frac{799\,000}{2 \cdot 10^6} = 0,399 \simeq 0,4$$

3)
```
  2850
 ×18
 2280
 285
 51300 = 51000
```

4)
```
  850000
 − 51000
  799000
```

Приведенные вычисления в системе CGS показывают, что они значительно сложнее в смысле математических операций, чем вычисления по системе MKS и что окончательный результат не зависит от того, в какой системе производится решение задачи.

Совпадение ответа при неправильном решении этой задачи произошло потому, что сила, изменяющая движение и не учитываемая неверным решением, по сравнению с силой трения мала.

Приведем еще один пример сугубо формального решения, с которым можно неоднократно встретиться на практике.

Задача. „Пожарный насос в одну минуту выбрасывает 980 *л* воды со скоростью 18 $\frac{м}{сек}$. Определить мощность двигателя у насоса". (Демидов, № 577.)

При самостоятельном решении этой задачи дома учащиеся VIII класса нередко дают такое решение, совершенно правильно исходя из основной формулы для мощности

$$1)\ N = \frac{W}{t},$$

но дальше, не вдумываясь в физический процесс, описываемый в задаче, решают формально в таком виде:

$$2)\ W = Fs \qquad 5)\ a = \frac{v}{t}$$

$$3)\ F = ma$$

$$4)\ m = \frac{P}{g} \qquad 6)\ s = \frac{at^2}{2}$$

При вычислении ответ получается правильный, а этого достаточно, чтобы учащиеся считали и путь решения вполне правильным. На самом деле такое решение здесь нельзя признать правильным: оно совершенно не соответствует содержанию задачи. Движение воды вне насоса не происходит под действием „силы" насоса и, следовательно, не является равномерно-ускоренным. Даже время — одна минута — не представляет промежуток времени, в течение которого скорость воды изменилась от 0 до 18 $\frac{м}{сек}$, отсюда никаких данных нет для нахождения какого бы то ни было ускорения. Следовательно, все рассуждения, которые должны были сопровождать такое решение, не имеют никакого основания в условии задачи, и само решение потому не имеет никакого физического смысла. Единственно возможное объяснение физического процесса в данной задаче будет следующее: работа, производимая насосом в течение одной минуты, равна кинетической энергии воды, которую выбрасывает он за это время. При таком объяснении физического процесса единственно правильным решением этой задачи будет такое:

$$N = \frac{W}{t}$$

$$W = E$$

$$E = \frac{Pv^2}{2g},$$

откуда

$$N = \frac{Pv^2}{2gt}$$

$$N = \frac{980 \cdot 18^2}{2 \cdot 9,8 \cdot 60} \frac{кГм}{сек} = 270 \frac{кГм}{сек} = 3,6 \text{ л.с.}$$

Ответ: $N=3,6$ *л.с.*

Последний приведенный пример лишний раз подчеркивает, что задачи по физике нельзя решать по шаблону, механически, а надо строго согласовывать приемы и способы решения задач с описываемым в задаче процессом или явлением.

В связи с этим еще раз напомним, что при всех преобразованиях, как бы ни решалась задача, необходимо постоянно обращать внимание на то, чтобы учащиеся осознавали физический смысл каждой проделанной ими физической или математической операции и чтобы у них не терялась ясность количественных отношений между входящими в формулы величинами. Только в этом случае решение задач принесет желаемый результат, а не будет формальным математическим упражнением. Учащиеся должны уметь объяснить физический смысл полученной общей формулы решения и все частные формулы, из которых она составляется.

Следует отметить, что учащиеся в большой степени склонны не только к формальному решению задач по физике, но и к формальному усвоению курса физики вообще. Многие преподаватели, удовлетворяясь формальными знаниями учащихся, не ведут борьбы за сознательное усвоение курса, а между тем здесь необходима систематическая и упорная борьба, которая может обеспечить и сознательное усвоение курса физики и сознательное решение задач.

Укажем основные приемы работы в этом направлении:

1. При закреплении физических понятий нельзя ограничиваться требованием только формулировок (определений) изучаемых понятий, а необходимо добиваться того, чтобы учащийся вкладывал в физическое понятие определенное конкретное содержание. Этого можно достичь лишь путем соответствующих упражнений, постановкой приведенных выше вопросов:

Как понимать, например, что, давление равно 5 *ат*? Что значит, автомобиль движется с ускорением 0,3 $\frac{м}{сек^2}$? Сколько теплоты можно получить за счет 427 *кГм* работы?

Что значит, электрохимический эквивалент меди равен 0,33 $\frac{мг}{кул}$? и т. д. Подобные вопросы способствуют прочному и сознательному усвоению физических понятий, конкретизации этих понятий.

2. Установление и закрепление функциональной зависимости между физическими величинами требует также особого внимания со стороны учителя. Учащиеся должны не только сознательно давать формулировку того или другого физического закона, но

и правильно объяснять функциональную зависимость между величинами, характеризующими ту или иную физическую закономерность, должны уметь не только прочитать написанную формулу, но и объяснить ее, они должны уметь ответить на вопросы, как читать и как понимать ту или иную формулу.

Необходимо добиваться такого положения, чтобы учащиеся, пользуясь формулой, различали в ней величины зависимые и независимые.

Каждый преподаватель физики знает, как трудно дается учащимся особенно VI и VII классов правильное понимание алгебраического выражения изучаемой закономерности, и как часто они путают математические зависимости с физическими. Ученик, анализируя формулу $d = \frac{P}{V}$, говорит, что „удельный вес прямо пропорционален весу тела и обратно пропорционален его объему"

На вопрос, что это значит, он отвечает часто: „если увеличить вес тела вдвое, то и удельный вес увеличится вдвое".

Этого ответа не будет, если перед тем, как писать формулу, будут решены задачи частного характера и проанализированы вопросы.

Нередко бывает, что ученик, зная формулировку закона Ома для отрезка проводника $\left(I = \frac{U}{R}\right)$ и определив из уравнения, выражающего этот закон, сопротивление $\left(R = \frac{U}{I}\right)$, утверждает, что сопротивление прямо пропорционально напряжению и обратно пропорционально силе тока.

Математические зависимости с физическими часто путают не только учащиеся VI и VII классов, но и старших. Например, учащиеся VIII класса объясняют формулу $m = \frac{F}{a}$ так: „масса тела пропорциональна действующей силе и обратно пропорциональна ускорению, которое сообщает эта сила"; учащиеся X классов часто объясняют формулу $C = \frac{q}{U}$ так: „электроемкость проводника пропорциональна его заряду и обратно пропорциональна его потенциалу," тогда как электроемкость — величина независимая ни от заряда, ни от потенциала проводника и т. д.

Таких примеров много, когда математическая зависимость между величинами не отражает физической сущности, и на этих примерах надо всегда останавливать внимание учащихся. Обращая внимание учащихся на эти вопросы, преподаватель будет развивать у них навык критического отношения к изучаемой закономерности, анализа написанного, а это поможет сознательно применять формулы к решению задач.

Чтобы учащиеся сознательно решали задачи по физике, надо добиваться такого положения, чтобы учащиеся VI класса такую формулу, как $V = \frac{P}{d}$, писали не по памяти, а путем рассуждений, чтобы учащиеся, например, VIII классов формулу $a = \frac{v - v_0}{t}$

также писали не по памяти, а по смыслу, исходя из определения ускорения и т. д.

Отметим здесь еще одно обстоятельство. Часто от преподавателя приходится слышать такой недоуменный вопрос: „Чем объяснить, что со мной в классе учащиеся вполне справляются с решением задач, самостоятельно же решают их с большим трудом, а иногда и совсем не справляются?“ Из многих причин, объясняющих слабое самостоятельное решение задач учащимися, укажем следующие две основные: а) учащиеся часто приступают к решению той или иной задачи, даже самой простой, не усвоив соответствующего теоретического материала, не четко представляя смысл физических понятий и соотношений между соответствующими величинами; б) учащиеся часто начинают решение задачи, не усвоив ее содержания, не уяснив физической сущности ее. Задача, не решенная учащимся самостоятельно дома, с помощью учителя сравнительно легко решается в классе большинством учащихся. В чем помощь учителя? Помощь учителя заключается в том, что он соответствующими двумя-тремя вопросами заставляет учащихся вдуматься в содержание задачи, уяснить ее физический смысл — и этого часто достаточно, чтобы, как мы уже сказали, большинство учащихся самостоятельно решили не решенную ими задачу.

Следует еще добавить, что „формальное решение задач приводит учеников к тому, что они, пользуясь формулой (например, уд. вес), занимаются в большей степени алгеброй, чем физикой. В результате этого в процессе решения задач учащийся размышляет не над тем, как найти объем или вес тела, а как написать математическое выражение для V или P“[1].

В борьбе за сознательное решение задач очень ценным в педагогическом процессе является еще один прием, очень мало применяемый на практике, — это составление самими учащимися задач на известную закономерность.

„Для того, чтобы самостоятельно составить задачу, учащийся должен ясно представить себе самый физический процесс, знать не только качественную, но и количественную связь между определяющими его величинами. Чтобы используемые учащимся цифровые данные находились в согласии с действительностью, он должен реально представлять себе практическое (техническое) применение изученного физического закона“ . . .

„К самостоятельному составлению задач учащиеся привлекаются постепенно. Первые задачи данного типа составляются в классе, под руководством преподавателя: анализируются достоинства и недостатки составленной задачи и определяется соответствие числовых данных действительному положению вещей“ . . .

„Самостоятельное составление учащимися задач представляет превосходный материал, дающий учащимся интереснейший прием

---

[1] С. С. Мошков. „Физика в школе“, 1945, № 3.

освоения наиболее трудных вопросов физики". „Не следует прибегать к нему в тех случаях, когда учащийся по характеру изучаемого раздела лишен возможности составить действительно интересную задачу".[1]

Так как этот прием помогает возбудить у учащихся интерес к известного типа задачам, то его надо шире использовать на практике.

В борьбе за сознательное усвоение основ курса физики и сознательное решение задач с большей пользой может быть применено, как уже указывалось выше, устное решение задач.

Наконец, еще раз необходимо указать на большую педагогическую ценность в этом отношении задач-вопросов.

„Постоянное упражнение в решении подобных задач поможет учителю добиться того, что знания учащихся станут для них руководством к действию и что они в своих практических делах будут исходить из своих знаний по физике и опираться на них"[2].

2. Наглядность при решении задач

Как известно из практики, обычно задачи по физике очень затрудняют учащихся. Поэтому при решении задач преподаватель всячески должен поддерживать интерес учащихся, для чего необходимо использовать все имеющиеся в его распоряжении средства. Прежде всего этому помогут задачи-вопросы и устное решение задач, с чего и следует начинать при знакомстве с новым типом задач. Далее при решении вычислительных задач полезно всемерно применять наглядность.

Под этим термином надо иметь в виду использование всего того, что в той или иной мере может конкретизировать, уяснить содержание задачи. Содержание задачи будет тогда ясно для учащихся, когда они конкретно представят себе процессы и все то, о чем говорится в задаче. Этому в различных случаях может помогать демонстрация на опыте явления, составляющего содержание задачи, демонстрация моделей и отдельных деталей машин и различных приборов. Поэтому нужно использовать все то, что, находясь под руками, так или иначе иллюстрирует содержание задачи.

При решении задач не нужно забывать использование материалов, полученных на классных опытах или в проделанных лабораторных работах.

Демонстрациями, если представляется возможность, полезно сопровождать все более или менее сложные задачи и всякий новый тип задач.

Задачи с демонстрациями, как было сказано выше, являются переходными, близкими к экспериментальным задачам. Целый ряд таких задач, которые могут сопровождаться соответствующими демонстрациями, можно указать из отдела механики, на-

---

[1] В. И. Кармилов. „Из Ученых записок" Пермского государственного педагогического института. Вып. 3. 1938.

[2] М. Башкатов. „Физика в школе", 1946, № 3, стр. 108.

пример, задачи, относящиеся к простейшим механизмам, задачи на трение; на законы тока при расчетах, например, параллельных цепей; из оптики — по вопросам фотометрии и изображения в зеркалах и линзах. При выборе задач, контролируемых опытом, необходимо соблюдать указанное выше условие: данные расчета и опытной проверки должны быть возможно близкими друг к другу.

Отсюда в выборе задач, контролируемых опытом, надо быть крайне осторожным, чтобы вместо „опытного подтверждения“ не получилось „опытного опровержения“.

Как пример такой задачи, можно указать на всем известную задачу с „мертвой петлей“.

„Шарик скатывается по жолобу, делающему мертвую петлю радиуса в 10 *см*. С какой наименьшей высоты надо пускать шарик, чтобы он не выпал из жолоба в верхней точке петли?“

Про данную задачу следует сказать, что хотя она и помещена в задачник Демидова и учебник VIII класса И. И. Соколова, все же она является задачей трудной для этого класса, недаром же она находится в задачнике под редакцией акад. Иоффе, предназначенном для втузов.

Решение этой задачи будет дано ниже, здесь же мы рассмотрим ее только с точки зрения опытного контроля решения.

При опытной демонстрации этой задачи на имеющейся в кабинете „мертвой петле“, размеры которой соответствуют условию задачи, оказывается, что наименьшая высота, с которой должен быть пущен шарик при данных размерах „петли“, равна примерно 45 *см*, теоретический же расчет этой высоты дает ответ в 25 *см*. Здесь такая разница между теорией и опытом получается потому, что сильное влияние оказывают такие факторы, как трение, сопротивление воздуха, потеря энергии на вращение катящегося шарика. Эти факторы не поддаются количественному учету при имеющихся в нашем распоряжении средствах. Само собою разумеется, что такое отклонение — 45 *см* вместо 25 *см* не только не подтверждает верности наших теоретических рассуждений, но, наоборот, невольно наводит на мысль об их ошибочности. Отсюда видно, что такого рода количественные демонстрации не должны иметь места при решении задач. Опытным путем могут проверяться лишь такие задачи, в которых теория не искажается допускаемыми упрощениями.

С другой стороны, если такие задачи не должны проверяться опытным путем, то их решению могут предшествовать качественные демонстрации. Последние не только повышают интерес учащихся к решаемой задаче, но и позволяют преподавателю глубже выяснить физический смысл содержания задачи, отметить хотя частично те факторы, которые не учитываются при решении, но в действительности оказывают заметное влияние на описываемое в задаче явление.

В тех случаях, когда расхождение данных опытной проверки и расчета задачи легко предвидеть и даже представить численно,

очень полезно перед учащимися ставить такого рода вопросы: Получим ли мы на опыте ответ, совпадающий с результатом расчета, и если нет, то будет ли он больше или меньше? Добавим, что необходимо всегда помнить о том, чтобы опытная проверка решения задач не возбуждала у учащихся недоверия ни к теории, ни к практике. В некоторых случаях иногда полезно при решении задач продемонстрировать опытную установку, не ставя самого опыта.

Для возбуждения у учащихся интереса к решению известного типа задач очень полезно во всех возможных случаях начинать решение с соответствующей опытной задачи. В качестве иллюстрации этого приведем хотя бы следующий пример.

В теме „Сложение движений" в VIII классе решение задач на движение тела, брошенного горизонтально, полезно начинать с решения такой опытной задачи: „Определить скорость вылета стрелы из духового ружья".

Для ее решения духовое ружье устанавливается горизонтально на столе и из него стреляют, при этом измеряется расстояние до цели и склонение стрелы по отношению к положению ружья. Из этих данных по склонению стрелы определяется время ее движения до цели по формуле свободного падения.

$$h = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

По расстоянию до цели и времени движения стрелы определяется скорость движения стрелы в горизонтальном направлении: $v = \frac{s}{t}$.

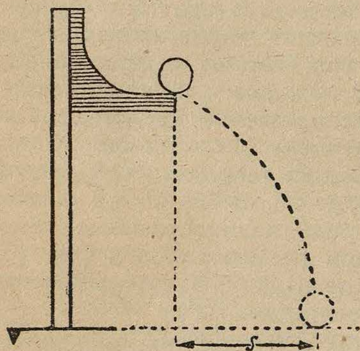


Рис. 22-а.

Зная скорость вылета стрелы, можно далее поставить такую задачу, решение которой проверяется опытом. „На каком расстоянии упадет стрела на пол, если ружье установлено на такой-то высоте?"

Вместо указанной задачи можно решать задачи такого же содержания с жолобом, на котором обычно производится демонстрация. Вот данные такой задачи, взятые из одного опыта.

1. Жолоб установлен был на высоте (рис. 22-а) $h = 1{,}75$ *м*, дальность падения по горизонтальному направлению была равна $s = 1{,}12$ *м*, время падения шарика на пол по вычислению $\left(t = \sqrt{\frac{2h}{g}}\right)$ равно в этом случае $t = 0{,}59$ сек. $\simeq 0{,}6$ сек. Откуда скорость движения шарика в горизонтальном направлении $\left(v = \frac{1{,}12}{0{,}6}\right)$ равна по вычислению $1{,}9\ \frac{м}{сек}$.

2. Определить горизонтальную дальность полета шарика, если $h = 2{,}83$ *м*, а скорость в горизонтальном направлении из первого опыта равна $1{,}9\ \frac{м}{сек}$.

Так как $s_{гор} = vt$, то прежде всего определяется время падения шарика с новой высоты $\left(t = \sqrt{\frac{2 \cdot 2{,}83}{9{,}8}}\right)$, оно равно 0,76 сек. Зная скорость и время, находим $s_{гор}$, равное $s_{гор} = 1{,}9 \cdot 0{,}76$ *м* приблизительно 1,4 *м*. Для опытной проверки это расстояние откладывается на полу, конечная точка отмечается мелом, куда кладется стекло. Шарик, сбрасываемый с жолоба, точно попадает в точку, отмеченную мелом, и разбивает стекло.

После решения этой экспериментальной задачи уже решаются обычные вычислительные задачи данного содержания, например, задачи из сборника Демидова № 510, 511, 512, 513.

Вот еще примеры таких задач из курса VII класса.

При изучении закона Ома закрепление соответствующих количественных соотношений можно начинать с таких простых экспериментальных задач.

1. Определить силу тока на участке цепи по напряжению и сопротивлению.

Составляется электрическая цепь из источника тока, магазина сопротивления, параллельно к которому включается вольтметр, и амперметра. Амперметр закрывается от учащихся экраном. По показанию вольтметра и включенному в цепь сопротивлению магазина вычисляется сила тока в цепи $U =$ $I = \frac{U}{R}$. После вычисления открывается амперметр.

$R =$
$I = ?$

2. Определить напряжение на участке цепи, если известна сила тока в цепи и сопротивление участка.

Цепь та же, что и в предыдущей задаче, только экран в этом случае закрывает вольтметр, а показания амперметра записываются в условие задачи: $I =$

$$R = \qquad U = IR.$$
$$U = ?$$

На этом соотношении следует заострить внимание учащихся и здесь же можно предложить такую задачу-вопрос:

3. „В электрическую цепь включен реостат и электрический звонок. Изменится ли напряжение на данном звонке, если реостат переставить с одной стороны звонка на другую, не изменяя самой цепи?“

Проверка на опыте убеждает учащихся, что если цепь не изменяется (следовательно, и сила тока в ней не меняется), то на одном и том же участке цепи напряжение остается неизменным, так как сопротивление проводника не изменится от места его включения в цепь.

4. „Определить сопротивление участка, если напряжение на концах его и сила тока в цепи известны". Видны показания амперметра и вольтметра, магазин сопротивления закрыт.

После решения этой задачи можно перейти к решению экспериментальной задачи лабораторного характера.

5. „Определить сопротивление маловольтной лампочки, пользуясь амперметром и вольтметром, в холодном и горячем состоянии".

На решении этой задачи мы не останавливаемся, так как оно общеизвестно.

Можно предыдущую задачу решить при помощи одного только вольтметра, имея, кроме того, магазин сопротивления. Тогда задача ставится в таком виде. В цепь включается последовательно магазин сопротивления и маловольтная лампочка (рис. 23). Измеряется напряжение на зажимах магазина сопротивления и клеммах лампочки.

Рис. 23.

Так как напряжение на участке цепи пропорционально сопротивлению участка, то составляется такая пропорция: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_1}{U_2}$.

Откуда:

$$R_1 = \frac{R_2 U_1}{U_2}.$$

Можно было бы и по другим классам указать целый ряд таких задач, но мы остановимся на некоторых из них ниже, а теперь перейдем к рассмотрению роли графического изображения при решении задач.

3. Роль рисунка, чертежа, схемы и графика при решении задач по физике

Наглядность при решении задач во многих случаях достигается применением рисунка, чертежа, схемы и графика. Эти приемы наглядности могут не только конкретизировать содержание задачи, но и повысить интерес учащихся к решаемой задаче. Здесь уместно повторить то, что сказано И. А. Челюсткиным о роли рисунка, под которым понимаются все виды графического изображения: „Рисунок или чертеж, сделанный учащимся самостоятельно, иногда дает более верное понятие об его знаниях, чем длинное словесное объяснение. А иногда только по рисунку или чертежу удается установить, что и почему учащийся не понял".[1]

---

[1] Знаменский и др. Методика преподавания физики в средней школе, 1938, стр. 79.

Не надо забывать о дидактическом значении рисунка, чертежа. Во всех случаях необходимо требовать графически грамотного изображения.

На эту сторону нужно обратить самое серьезное внимание, так как многие учащиеся чрезвычайно небрежно выполняют эту часть работы. При пользовании рисунком, чертежом, графиком „необходимо поставить на первое место принцип наглядности, изображение не должно быть перегружено, в изображении не должно быть никаких неясностей, оно должно говорить языком, не оставляющим никаких сомнений“.[1]

Часто даже самый примитивный чертеж, рисунок помогает наметить правильный ход решения задачи, в других случаях правильно сделанный чертеж, схема с очевидностью показывает, что учащийся понял содержание задачи.

Роль схематического чертежа при решении задач по статике, на законы электрического тока, по геометрической оптике настолько велика, что наличие его является основным элементом, помогающим правильному решению. Правильный схематический чертеж в этих случаях служит верной гарантией правильного решения задачи. Он облегчает самое решение, особенно при слабом развитии геометрических представлений.

В задачах на разложение данной силы на две составляющих под углом, как мы уже отмечали, построение схематического чертежа составляет сущность всего решения задачи. Главную трудность при решении этих задач для учащихся составляет нахождение направления действия составляющих сил. Здесь надо иметь в виду следующее.

Если свобода движения ограничена одной связью, то разложение производится по направлению возможного перемещения и по направлению реакции. При двух связях разложение делается на обе связи, в случаях же свободного движения — направления могут быть выбраны произвольно.

Последний случай является менее конкретным, особенно для начинающих, чем случай, когда направление определяется условием самой задачи, например, нахождение силы, создающей ускорение, и силы, вызывающей деформацию, поэтому этим способом лучше не пользоваться в курсе средней школы.

Как уже указывалось (стр. 92), при графическом решении задач по статике чертеж используется для нахождения численного значения искомых величин согласно принятому масштабу. При алгебраическом и геометрическом способах решения на чертеже находятся подобные фигуры, и искомые величины определяются из соотношений между элементами векторных и линейных фигур.

К чертежу предъявляются определенные требования, а именно:

---

[1] Ауэрбах. Графические представления. 1925, стр. 13.

1) выполнение в определенном масштабе с соблюдением соответствия между отдельными частями,[1]

2) четкость изображения,

3) отсутствие лишних элементов и четкое обозначение всех элементов, входящих в условие задачи.

Чертеж на классной доске должен удовлетворять всем указанным требованиям, отличаясь только по размерам. Размеры чертежа на классной доске должны быть таковы, чтобы можно было рассмотреть из самых дальних мест класса все его детали.

Остановимся теперь на некоторых конкретных примерах применения указанных приемов наглядности при решении задач.

Возьмем прежде всего еще раз задачу на движение тела, брошенного под углом к горизонту.

При графическом способе решения этой задачи чертеж должен быть выполнен в строго определенном масштабе, чтобы по нему можно было путем непосредственного измерения получить в определенном масштабе искомые величины — дальность полета и наибольшую высоту поднятия. Если же эта задача, при наличии у учащихся достаточных знаний по тригонометрии, решается обычным алгебраическим способом, т. е. дальность полета определяется по формуле $s_{гор} = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{g}$ и высота наибольшего поднятия — по формуле $H = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$, то при таком решении чертеж может быть выполнен от руки, без соблюдения масштаба и является только иллюстрацией.

В качестве конкретного примера покажем это на такой задаче. „Камень, брошенный под углом 60° к горизонту с начальной скоростью 30 $\frac{м}{сек}$, через 2 сек. упал на крышу дома. Определить высоту дома и расстояние до него“. (Демидов, № 519.)

Решаем эту задачу сначала графическим способом, для чего строим соответствующий чертеж (рис. 24). Прежде всего выбираем определенный масштаб. Пусть, например, на этом масштабе 1 *см* будет изображать 10 *м*. Построив угол в 60° к горизонту, откладываем на стороне этого угла пути, проходимые за 1, 2, 3 и т. д. сек., принимая движение равномерным. Из точек отложения проводим вертикальные линии и на них откладываем пути, проходимые телом при свободном падении за соответствующие промежутки времени, причем ускорение силы тяжести примем за 10 $\frac{м}{сек^2}$. Соединяя эти точки кривой, получим траекторию данного движения. Точка *B* дает нам положение камня через две секунды от начала движения. Для получения ответа на вопрос задачи

[1] Выполнение чертежа в определенном масштабе не всегда возможно. Так, например, этого нельзя сделать в тех случаях, когда искомыми являются те самые отрезки, которые должны быть изображены на чертеже.

достаточно теперь измерить абсциссу и ординату точки B и выразить эти расстояния в данном масштабе.

Ответ: высота дома $h \simeq 32$ *м*, расстояние до него от точки бросания $s \simeq 30$ *м*.

Перейдем к алгебраическому решению этой задачи. При этом способе решение надо начинать также с чертежа (рис. 25), но он здесь имеет уже совершенно другое назначение. В этом случае никаких измерений на чертеже не производится, а только выясняется, что камень одновременно участвует в двух движениях — по вертикальному и горизонтальному направлению, и что для решения задачи надо определить горизонтальную и вертикальную составляющие скорости.

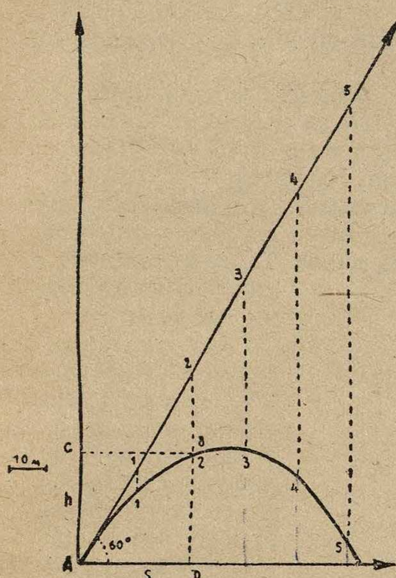


Рис. 24.

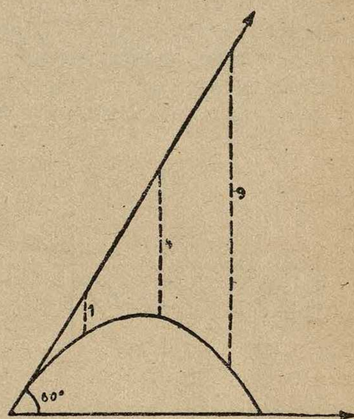


Рис. 25.

Движение по вертикальному направлению подчиняется законам движения тела, брошенного вертикально вверх, а движение по горизонтальному направлению — движение равномерное. Отсюда, чтобы найти высоту дома и расстояние его от точки бросания, надо прежде всего найти вертикальную и горизонтальную составляющие скорости, для чего строим (рис. 26) параллелограм по диагонали и направлениям двух составляющих скоростей.

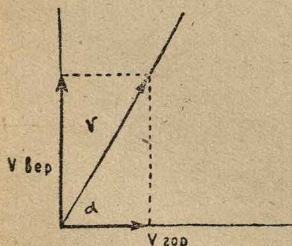


Рис. 26.

Тогда имеем такое решение:

Решение	*Вычисления*
1. $v_1 = v \sin \alpha$	1. $v_1 = 30 \cdot 0{,}866 = 26 \frac{м}{сек}$
2. $v_2 = v \cos \alpha$	2. $v_2 = 30 \cdot 0{,}5 = 15 \frac{м}{сек}$
3. $h = v_1 t - \frac{gt^2}{2}$	3. $h = 26 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 4}{2} \simeq 32\ м$
4. $s = v_2 t$	4. $s = 15 \cdot 2 = 30\ м$

Ответ: $h \simeq 32\ м$, $s \simeq 30\ м$.

Многие задачи из геометрической оптики без чертежа совсем не могут быть решены.

В качестве примера разберем решение следующей задачи: „Человек посмотрел на дно ручья сверху вниз по отвесному направлению и определил глубину ручья в 75 *см*. Чему равна истинная глубина ручья?“ (Демидов, № 1054.)

В задачнике дается такое указание: „Так как пучок лучей, падающий в глаз от предмета, лежащего на дне, очень узок, то углы падения и преломления очень малы. Тангенсы малых углов можно считать равными их синусам“.

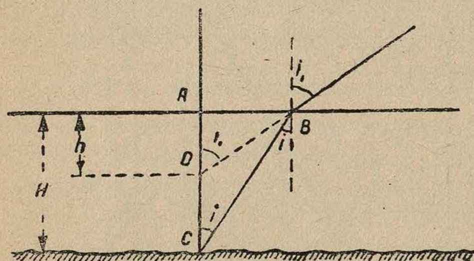


Рис. 27.

Это указание, являясь существенным для самого решения задачи, в то же время, как показывают наблюдения, составляет и его главную трудность. К нам часто обращались за консультацией решения этой задачи молодые преподаватели.

С нашей точки зрения, главная трудность здесь в построении чертежа. Благодаря приведенному в задаче указанию, решающий обычно не может сделать четкого чертежа. При решении этой задачи в классе или при задавании ее для решения дома необходимо сделать указание относительно построения чертежа в увеличенном масштабе. Чертеж здесь должен иметь, примерно, такой вид (рис. 27). Тогда все решение этой задачи может быть следующее: из $\triangle ACB$ имеем: $AC = H = \frac{AB}{tg\, i}$ (1), а из $\triangle ADB$ имеем: $AD = h = \frac{AB}{tg\, i_1}$ (2). Откуда, разделив, первое равенство на второе, получаем: $\frac{H}{h} = \frac{\operatorname{tg} i_1}{\operatorname{tg} i} = \frac{\sin i_1}{\sin i} = n$ или $H = hn$.

Подставляя численное значение, получаем ответ на вопрос задачи

$$H = 75 \cdot \frac{4}{3}\ см = 100\ см$$

$$H = 1\ м$$

Положительная роль чертежа несомненна и при решении такого рода задач по оптике: „Сходящиеся лучи падают на выпуклое зеркало так, что точка пересечения их продолжений находится на расстоянии 15 *см* за зеркалом. На каком расстоянии от зеркала будет точка пересечения отраженных лучей, если главное фокусное расстояние зеркала равно 30 *см*?“

Приводим решение без всяких объяснений:

Сходящиеся лучи падают на выпуклое зеркало (рис. 28):

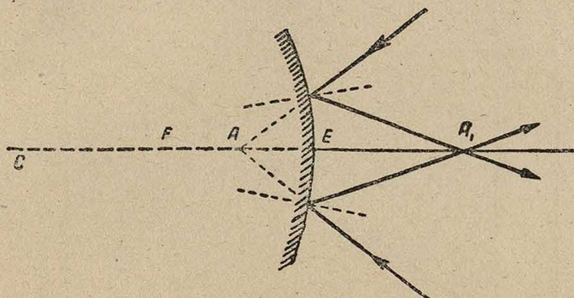


Рис. 28.

$F = -30$ *см* $\qquad \frac{1}{f} - \frac{1}{d} = -\frac{1}{F}$

$\frac{AE = d = -15 \text{ см}}{A_1E = f = ?}$ $\quad \frac{1}{f} - \frac{1}{15} = -\frac{1}{30}; \ \frac{1}{f} = \frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{30}; f = 30$ *см.*

Точка пересечения отраженных лучей действительна (обратимость лучей), что видно на чертеже (рис. 28).

Возьмем еще одну типовую задачу из курса X класса на законы освещения.

„Над двором на высоте 3 *м* подвешены две лампы по 100 свечей каждая. Расстояние между лампами 4 *м*. Вычислить освещенность под каждой лампой“. (Демидов, № 1021.)

Эта задача не трудная. Физическая ценность ее заключается в том, что в ней разбирается практически распространенное явление, когда освещенность точки зависит не от одного источника света, а от двух.

При решении подобного рода задач чертеж помогает правильному применению известной закономерности.

Решение этой задачи не вызывает никаких неясностей, поэтому приведем его также без объяснений (рис. 29). При наличии чертежа следующая краткая запись вполне дает содержание задачи при отсутствии даже текста:

Двор освещается двумя лампами:

$$I_1 = I_2 = I = 100\ св$$
$$S_1 S_2 = l = 4\ м$$
$$S_1C = S_2D = h = 3\ м$$
$$E_C = E_D = ?$$

1) $E_C = E_D = E_1 + E_2$,

где E_1 — освещенность в точке C от 1-й лампы, а E_2 — освещенность в той же точке от 2-й лампы:

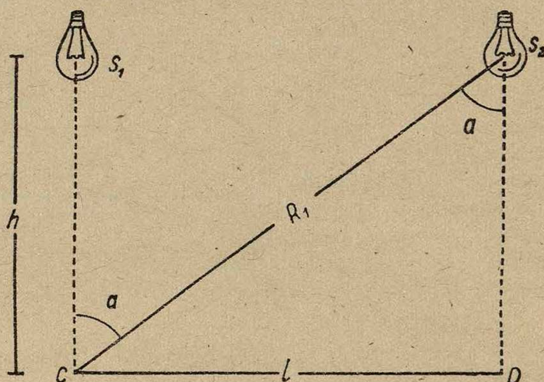


Рис. 29.

Вычисления

2) $E_1 = \frac{I}{h^2}$

3) $E_2 = \frac{I \cos \alpha}{R^2}$

4) $\cos \alpha = \frac{h}{R}$

5) $R = \sqrt{l^2 + h^2}$

1. $R = \sqrt{9+16} = 5\ м$
2. $\cos \alpha = 0{,}6$
3. $E_2 = \frac{100 \cdot 0{,}6}{25} = 2{,}4\ лк$
4. $E_1 = \frac{100}{9} \simeq 11{,}1\ лк$
5. $E_C = E_D = 11{,}1\ лк + 2{,}4\ лк = 13{,}5\ лк$

Ответ: $E_C = E_D = 13{,}5\ лк$.

Схематические чертежи при решении задач на законы тока часто входят в качестве составной части в условие задачи и естественно поэтому, что при отсутствии их само решение не будет отличаться ясностью и последовательностью.

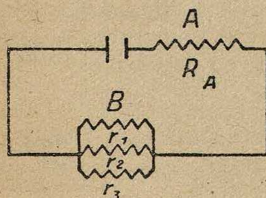


Рис. 30.

С другой стороны, составление схем по данным задачи само по себе составляет ценный навык, который необходимо развивать у учащихся.

В качестве примера приведем только решение без объяснения такой задачи из курса X класса.

„Элемент с э. д. с. 2 вольта и с ничтожным внутренним сопротивлением соединен с двумя последовательными сопротивлени-

ями A и B. A есть катушка с сопротивлением 10 омов, B состоит из 3 параллельных катушек с сопротивлением 6, 4 и 3 ома. Найти разность потенциалов на концах B и силу тока через катушку сопротивлением в 3 ома"[1] (рис. 30).

$$\mathcal{E} = 2\ \text{V}$$
$$R_A = 10\ \text{ом}$$
$$r_1 = 6\ \text{ом}$$
$$r_2 = 4\ \text{ома}$$
$$r_3 = 3\ \text{ома}$$
$$r_i = 0$$
$$U_B = ?$$
$$i_3 = ?$$

1) $U_B = \mathcal{E} - U_A;\ U_A = R_A I;\ I_A = I;\ I = \frac{\mathcal{E}}{R_A + R_B};$

$$R_B = \frac{r_1 r_2 r_3}{r_1 r_2 + r_1 r_3 + r_2 r_3}$$

$$R_B = \frac{6 \cdot 4 \cdot 3}{6 \cdot 4 + 6 \cdot 3 + 4 \cdot 3} = \frac{4}{3}\ \text{ома}$$

$$I = \frac{2}{10 + \frac{4}{3}} = \frac{3}{17}\ \text{A};\quad U_A = \frac{3}{17} \cdot 10 \simeq 1{,}76\ \text{V}$$

$$U_B = 2 - 1{,}76 \simeq 0{,}24\ \text{V}$$

2) $i_3 = \frac{U_B}{r_3};\quad i_3 = \frac{0{,}24}{3} = 0{,}08\ \text{A}$

Ответ: $U_B = 0{,}24$ V; $i_3 = 0{,}08$ A.

Решение задач подобного рода нельзя начинать без составления схемы; иначе это решение будет чисто-формальное, без ясного и четкого представления тех процессов, о которых говорится в задаче.

Далее, содержание некоторых задач в значительной мере уясняется рисунком.

Вот пример из курса VII класса.

„Пробирка с эфиром погружена в стакан с водой, охлажденной до 0°. Продувая через эфир воздух, испаряют эфир, вследствие чего на пробирке образуется ледяная корка. Определить, сколько получилось льда при испарении 125 *г* эфира (теплота парообразования эфира 90 $\frac{кал}{г}$)". (Фалеев и Перышкин, № 469.)

При решении этой задачи, несомненно, очень повысился бы интерес со стороны учащихся, если бы преподаватель смог обеспечить это решение соответствующей демонстрацией, но и при ее отсутствии рисунок, ее воспроизводящий (рис. 31), будет способствовать выяснению физического смысла задачи и установлению плана ее решения.

---

[1] Ф. А. Сондерс. Общая физика. 1934.

Физический смысл этой задачи заключается в следующем: эфир испаряется и необходимую для этого теплоту получает от окружающей его воды, вода же, имеющая температуру 0°, при выделении теплоты замерзает. Отсюда решение задачи по вопросам может быть таким:

1. Сколько требуется теплоты для испарения 125 *г* эфира?

$$Q = rm_1, \ Q = 90 \cdot 125 \text{ кал} = 11\,250 \text{ кал}.$$

2. Сколько воды замерзает?

$$m_2 = \frac{Q}{q}; \quad m_2 = \frac{11\,250}{80} \text{ г} \simeq 141 \text{ г}$$

Ответ: $m_2 = 141$ *г.*

Вот другой пример из IX класса.

„В стеклянной трубке, запаянной с одного конца, находится столбик воздуха, запертый столбиком ртути длиною 12,5 *см*. Если

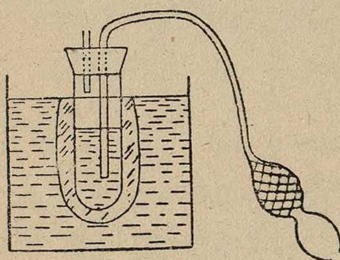


Рис. 31.

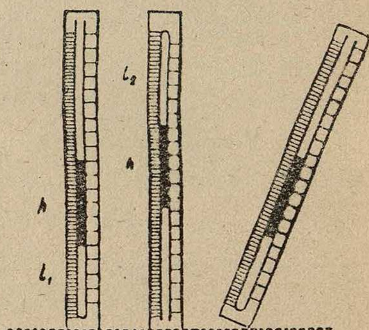


Рис. 32.

держать трубку открытым концом вверх, то длина воздушного столбика равна 5 *см*, а если вниз, то она равна 7 *см*. Чему равно атмосферное давление? (Демидов, № 340.) (Рис. 32.)

$l_1 = 5$ *см*
$l_2 = 7$ *см*
$h = 12{,}5$

Атм. давл. $p = ?$

При решении этой задачи рисунок конкретизирует содержание, уясняет его и тем самым помогает установить, под каким давлением находится столбик воздуха в трубке в первом и во втором положении ее: $p_1 = p + h$; $p_2 = p - h$.

Применяя закон Бойля-Мариотта и заменяя отношение объемов отношением длин при одинаковой площади сечения, получаем соотношение

$$\frac{p+h}{p-h} = \frac{l_2}{l_1},$$

из которого уже путем простых математических преобразований находится искомая величина p.

Эта задача, решаемая в IX классе при прохождении закона Бойля-Мариотта, методически ценна во многих отношениях:

1) рисунок здесь является непременным дополнением краткой записи условия, так как без него она не раскрывает содержания задачи;

2) она может служить примером задачи, иллюстрируемой опытом;

3) она же может служить примером экспериментальной задачи.

Этой задачей можно или предварять, или заключать лабораторную работу на проверку закона Бойля-Мариотта при помощи так называемой трубки Мельде[1].

Графики, как иллюстрации, также могут быть весьма ценны при решении некоторых задач. Пример:

„Подъемная машина, весящая вместе с грузом 1,5 *Т*, поднимается на высоту 200 *м* при помощи каната, наматывающегося на вал. Вес каната равен 2,5 *кГ* на погонный метр. Как велика работа подъема?"

Эта простая по содержанию задача все же необычного типа, так как при подъеме груза сила равномерно изменяется. График зависимости силы от расстояния (рис. 33) помогает при решении правильно определить искомую в задаче величину.

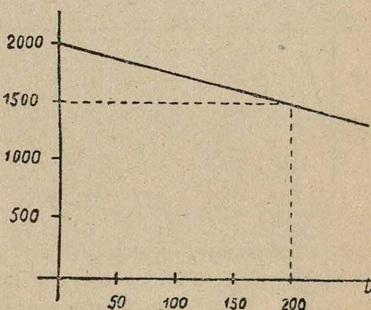


Рис. 33.

Решение этой задачи может быть дано в таком виде: $W = W_1 + W_2$, где W_1 — работа поднятия груза, W_2 — работа поднятия каната.

$$W_1 = P_1 l, \quad W_2 = \frac{P_2}{2} l$$

откуда

$$W = P_1 l + \frac{P_2}{2} l = \left(P_1 + \frac{P_2}{2}\right) l$$

$$W = \left(1\,500 + \frac{500}{2}\right) \cdot 200 \text{ кГм} = 1750 \cdot 200 \text{ кГм} = 35\,000 \text{ кГм};$$

$$W = 35\,000 \text{ кГм}.$$

Можно эту задачу решить иначе, исходя из графика

$$W = \frac{F_0 + F}{2} l$$

где $F_0 = P_1 + P_2$, а $F = P_1$ — вес груза

$$W = \frac{2\,000 + 1\,500}{2} \cdot 200 \text{ кГм} = 1\,750 \cdot 200 \text{ кГм} = 35\,000 \text{ кГм}.$$

---

[1] Знаменский. Лабораторные занятия по физике в средней школе. Часть 1, 1936, стр. 210.

Можно было бы эту задачу решить и графическим путем, исходя из положения, что графически работа изображается площадью трапеции, параллельные стороны которой пропорциональны силам в 2000 *кГ* и 1500 *кГ*, а высота пропорциональна расстоянию в 200 *м*.

Графики, как элемент наглядности, могут быть также с успехом применены при решении многих задач по теплоте.

При решении этих задач применение графиков может помочь уяснению физических процессов и облегчить составление уравнения теплового баланса. Многим учащимся эти задачи с трудом даются в смысле учета количества теплоты, затрачиваемой на отдельные процессы. Иногда учащиеся с трудом понимают последовательность этих процессов.

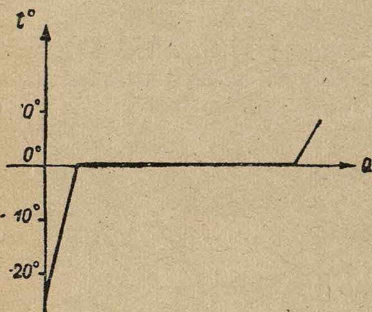


Рис. 34.

Графики помогают правильно произвести учет теплоты всех участвующих в тепловом обмене тел.

Иллюстрируем это двумя примерами.

1. „Сколько теплоты израсходовали на превращение 5 *кГ* льда при — 20° в воду? Окончательная температура воды 10°“

Физические процессы, протекающие при превращении льда в воду, изобразим графически (рис. 34). На этом графике по оси абсцисс откладываем количество теплоты, а по оси ординат — температуру. График помогает правильно подсчитать необходимое количество теплоты, которое получается путем сложения трех количеств теплоты:

1. Теплоты, необходимой для нагревания льда до точки таяния

$$Q_1 = c_л m(t°_{пл} - t_1°)$$

2. Теплоты, необходимой для таяния льда

$$Q_2 = qm_л.$$

3. Теплоты, необходимой для нагревания воды от 0° до 10°

$$Q_3 = c_в m t_2°.$$

Общее количество теплоты, израсходованной на превращение льда в воду при 10°, будет равно сумме всех указанных слагаемых

$$Q = c_л m(t°_{пл} - t_1°) + qm + c_в m t_2°.$$

Вот лабораторного типа задача из курса IX класса:

„Для определения скрытой теплоты плавления олова был произведен следующий опыт: 200 *г* расплавленного олова при температуре 480° опущены в железный калориметр весом 1000 *г*, содержащий 1000 *г* воды при температуре 15°. Окончательная температура олова, калориметра и воды в нем установилась 22,4°.

Определить удельную теплоту плавления олова на основании этого опыта. Уд. теплоемкость олова в твердом и жидком состоянии принять одинаковой". (Демидов, № 293.)

При решении такого рода задач прежде всего необходимо установить, какие тела поглощают теплоту и какие ее выделяют, и, следовательно, какие физические процессы происходят с данными телами. Эти процессы, происходящие с телами, изображаются соответствующими графиками и могут иметь такой вид (рис. 35). Так как на этих графиках никаких измерений не производится и не устанавливается никаких соотношений, то, нам думается, их можно строить без координатных осей в таком виде, как их предлагает С. А. Плоткин[1]. Эти графики должны только верно отображать направление процессов.

Приведем решение данной задачи в общем виде.

Исходным положением при решении подобного рода задачи будет следующее: количество теплоты, выделенное оловом при

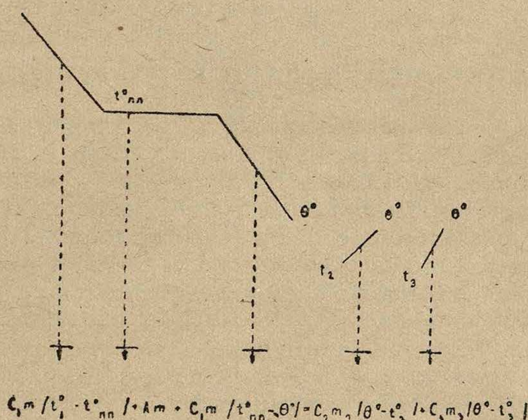


Рис. 35.

отвердевании и охлаждении, будет равно количеству теплоты, полученному водой и калориметром при их нагревании. Построив графики, изображающие процессы, происходящие с данными телами, переходим к составлению уравнения теплового баланса.

Вид графика в соответствии со сказанным уже по этому поводу может быть примерно таким (см. рис. 35). Под графиком дано решение в общем виде.

Согласно графику в левой части этого уравнения должны быть следующие три слагаемые: 1) теплота, выделяемая оловом при охлаждении в жидком виде, 2) теплота, выделяемая им при отвердевании и 3) теплота, выделяемая оловом при охлаждении

[1] А. И. Бориславский и др. Физика. Часть 1, 1934.

в твердом виде от точки затвердевания до окончательной температуры. В правой части уравнения будет два слагаемых: теплота полученная водой при нагревании и калориметром.

Не останавливаясь на окончательном решении данной задачи, скажем только, что при наличии подобных графиков учащиеся безошибочно пишут уравнение теплового баланса, а это составляет сущность решения всех задач на калориметрические расчеты.

Таким образом, при решении многих задач по физике использование графиков, чертежей, рисунков и схем в значительной мере помогает уяснению физического смысла задач и тем самым способствует сознательному их решению.

Поэтому все перечисленные в этой главе вспомогательные средства надо всячески применять при решении задач, чтобы постепенно приучить учащихся „представлять“ себе условие задачи без его „живого созерцания“.

ГЛАВА X

БУКВЕННЫЕ ЗАДАЧИ И ИХ РЕШЕНИЕ

Выше мы уже останавливались на общей формуле при решении задач по физике. В тесной связи с этим вопросом находится вопрос о задачах, предлагаемых в общем виде, или буквенных задачах. Такого рода задачи можно привести по каждому отделу физики и по существу они не должны были бы представлять для учащихся ничего нового, так как решение всякой вычислительной задачи в общем виде является по существу решением некоторой буквенной задачи. На практике однако дело обстоит не совсем так. Решение буквенной задачи в чистом виде без соответствующих упражнений в большей мере затрудняет учащихся, чем решение в общем виде соответствующего содержания задачи с числовыми данными. Поэтому в старших классах полезно уделить время решению одной-двух задач такого рода по каждому отделу. В задачнике Демидова такие задачи почти отсутствуют, в других задачниках, например, в задачнике Цингера, они имеются в достаточном количестве.

Эти задачи могут быть использованы для вывода какого-нибудь физического положения и для его доказательства. В отдельных случаях решение буквенных задач, как, обобщающих, позволяет преподавателю судить о том, как усвоен учащимися способ решения известного типа задач или как они владеют тем или иным теоретическим материалом. Буквенные задачи иногда целесообразно решать прежде, чем решать соответствующие вычислительные задачи с числовыми данными, чтобы внимание учащихся не отвлекалось арифметическим расчетом. Правильное использование этих задач в педагогическом процессе, несомненно, может способствовать более глубокому пониманию

учащимися основ физики. Здесь уместно вспомнить следующие высказывания автора „Задачника по физике“ Л. Же.[1].

„Нет сомнения, что применение алгебраических вычислений не должно никогда заслонять физический характер рассматриваемых явлений и законов, лежащих в их основе; но не следует преувеличивать опасения, что это может случиться, и из-за него нельзя отказаться от могучего орудия анализа, который проливает яркий свет на самую суть каждого вопроса физики.

Возражают, что неудобство формул и общих решений состоит в том, что они механически приводят к искомым выводам, не заставляя серьезно вдумываться.

Такие возражения лишены основания. Нельзя, конечно, не признать, что алгебраические вычисления иногда медленно раскрывают задачу, оставляя некоторую неясность относительно связи различных частей ее между собою.

Но когда доходят до окончательной формулы, то становится ясным тот путь, который привел к данному решению“.

Переводчик добавляет к этому:

„Только в алгебраическом виде выводы удобны для исследования и сами вопросы могут быть рассмотрены во всей полноте и общности. К тому же нет никакой надобности низводить задачи физики на арифметические задачи“.

Мы думаем, что и автор и переводчик правы, утверждая, что „во всей полноте и общности“ выступает зависимость между физическими величинами при выражении этой связи алгебраической формулой. Но учащиеся должны быть подготовлены для понимания этой общности. И путем к этому пониманию служит, особенно в начале изучения физики, решение ряда однородных задач арифметическим способом. Формула является в результате обобщения проделанных упражнений.

По мере углубления и расширения знаний и навыков учащихся увеличивается применение решения задач в общем виде. Во втором концентре это должно быть обязательным.

Остановимся на решении ряда буквенных задач из разных отделов курса физики.

1. „Определить путь, пройденный свободно-падающим телом в *t-ую* секунду от начала падения“.

Путь в *t-ую* секунду можно определить, зная путь за t сек. — s и путь за $t - 1$ сек. — s_{t-1}.

$$s_{t\text{-ую}} = s_t - s_{t-1}$$

В t сек. тело при свободном падении пройдет путь $s_t = \frac{gt^2}{2}$, а за t — сек. путь будет $s_{t-1} = \frac{g(t-1)^2}{2}$. Откуда

$$s_{t\text{-ую}} = \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t-1)^2}{2} = \frac{g[t^2 - (t-1)^2]}{2} = \frac{g}{2}(2t-1)$$

$$s_{t\text{-ую}} = \frac{g}{2}(2t - l)$$

Таким образом, решение этой буквенной задачи дало вывод известного закона свободного падения: путь, пройденный свободно

---

[1] Л. Же. Задачи по физике. Пер. с французского Н. П. Мамонтова, 1892.

падающим телом за отдельную секунду, численно равен половине ускорения, умноженного на соответствующее нечетное число.

Как прямое продолжение или как отдельную буквенную задачу можно по той же теме взять такую задачу:

2. „На сколько свободно падающее тело в t-*ую* сек. пройдет больший путь, чем в предыдущую?"

На основании предыдущего вывода имеем:

$$s_{t\text{-}ую} - s_{(t-1)\text{-}ую} = \frac{g}{2}(2t-1) - \frac{g}{2}(2t-3) =$$

$$= \frac{g}{2}(2t-1-2t+3) = \frac{g}{2}\cdot 2 = g; \quad s_{t\text{-}ую} - s_{(t-1)\text{-}ую} = g.$$

Вот пример более сложной буквенной задачи.

3. „Два тела брошены вертикально снизу вверх с одинаковой скоростью v_0 через k секунд одно после другого. На каком расстоянии от земли они встретятся?"

Исходя из положения, что на любом уровне скорость при падении тела равна скорости при подъеме и что начальные скорости обоих тел одинаковы по условию, мы имеем: скорости обоих тел в момент встречи будут равны, т. е.

$$v_1 = v_2. \tag{1}$$

С другой стороны, обозначив время падения первого тела с высшей точки через t и время подъема второго тела до встречи через t_1, на основании законов свободного падения и движения тела, брошенного вертикально вверх, для тех же скоростей получаем следующие соотношения:

$$v_1 = gt \text{ и } v_2 = v_0 - gt_1, \tag{2}$$

откуда, приравнивая правые части этих соотношений, имеем:

$$gt = v_0 - gt_1. \tag{3}$$

Далее, на основании условия задачи, время, протекшее от начала движения первого тела до встречи, будет равно $t_1 + k$. Это время слагается из времени поднятия тела до наибольшей высоты $\frac{v_0}{g}$ и времени t от начала падения до встречи. Все это приводит к такому уравнению

$$t_1 + k = \frac{v_0}{g} + t \tag{4}$$

Из (3) и (4) определяем t_1:

$$t_1 = \frac{v_0}{g} - \frac{k}{2}.$$

Зная время подъема второго тела до встречи, на основании известной формулы пути равномерно замедленного движения находим высоту точки встречи тел:

$$h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{g} = v_0\left(\frac{v_0}{g} - \frac{k}{2}\right) - \frac{1}{2}g\left(\frac{v_0}{g} - \frac{k}{2}\right)^2.$$

После соответствующих математических преобразований имеем

$$h = \frac{g}{2}\left(\frac{v_0^2}{g^2} - \frac{k^2}{4}\right)$$

Из последнего соотношения следует, что задача возможна в том случае, если $\frac{v^2_0}{g^2} > \frac{k^2}{4}$, т. е. когда $k < \frac{2v_0}{g}$, время подъема и падения первого тела будет больше промежутка времени между началами движения обоих тел.

Данная задача, несмотря на некоторую сложность в смысле математического оформления, имеет богатый физический материал, и решение ее при достаточном математическом развитии учащихся небесполезно.

4. „Через сколько времени тело, брошенное вертикально снизу вверх со скоростью v_0, будет иметь скорость в n раз меньше начальной?“

Движение вертикально снизу вверх есть равномерно-замедленное движение, а потому

$$v_t = v_0 - gt.$$

По условию $v_t = \frac{v_0}{n}$.

Тогда имеем такое уравнение: $\frac{v_0}{n} = v_0 - gt$.

Откуда $t = \frac{v_0(n-1)}{ng}$.

5. „Тело весом P килограммов находится на наклонной плоскости, имеющей постоянное основание (b) и могущей менять свой наклон, т. е. высоту (h) и длину (l). Найти, при какой высоте h движущая сила будет равна силе трения, если коэффициент трения k.

Какое определение коэффициента трения можно дать, пользуясь ответом на предыдущий вопрос?“ (Демидов, № 425).

Движущей силой в данном случае будет составляющая веса груза, параллельная длине наклонной плоскости и равная $P\frac{h}{l}$. Сила трения при движении груза по наклонной плоскости равна $kP\frac{b}{l}$. По условию сила трения равна движущей силе, т. е.

$$P\frac{h}{l} = kP\frac{b}{l}, \text{ откуда } h = kb.$$

Из этого соотношения имеем:

$$k = \frac{h}{b} = tg\,\alpha.$$

Этот вывод позволяет дать учащимся понятие об „угле трения“, значение которого „важно при возведении различных сооружений из камня, кирпича и других материалов“.[1]

[1] И. И. Фадеев. Элементарная механика. 1931, стр. 144.

6. „Тяжелый поезд, масса которого M, и легкая дрезина с массой m движутся с одинаковой скоростью v по одинаковым горизонтальным путям, причем коэффициент трения f также одинаков (т. е. силы трения составляют одинаковые доли веса движущихся тел). В один и тот же момент силы тяги у того и другого тела прекращаются. Докажите, что и поезд и дрезина остановятся в один и тот же момент, прокатившись по инерции одинаковые расстояния s". (Цингер, № 461).

Эта буквенная задача может быть с пользой решена в VIII классе после проработки темы „Механическая энергия".

Поезд и дрезина в момент прекращения силы тяги имеют запас кинетической энергии, равной для поезда $\frac{Mv^2}{2}$, для дрезины $\frac{mv^2}{2}$. За счет этого запаса энергии совершается работа по преодолению силы трения. Работа силы трения на пути s равна $fPs = fmgs$. На основании „теоремы живых сил" имеем:

$$fmgs_1 = \frac{mv^2}{2}$$

и

$$fMgs = \frac{Mv^2}{2};$$

откуда

$$s_1 = \frac{v^2}{2fg} \text{ и } s = \frac{v^2}{2fg}, \text{ т. е. } \underline{s_1 = s}$$

Так как отрицательное ускорение в обоих движениях одинаково и начальные скорости равны, то и время движения обоих тел до остановки одинаково: $t = t_1 = \frac{v}{fg}$. $\underline{t = t_1}$

7. „Начав падать в воде без начальной скорости, тело прошло s *м* в t сек. Найти удельный вес тела". (Сопротивление воды в расчет не принимается).

Содержание этой задачи, хотя и искусственное, не лишено физического смысла уже по одному тому, что связывает вопросы различных отделов курса. При ее решении хорошо выясняется сущность и значение аналитического способа.

Приведем это решение.

Так как в задаче требуется найти удельный вес, то исходной формулой должна быть взята на основании определения этой величины следующая формула:

$$d = \frac{P}{V}.$$

В правой части этой формулы обе величины неизвестны.

Вес тела можно выразить, согласно второму закону Ньютона, следующим соотношением: $P = mg$, причем массу тела в данном случае можем предположить равной какой угодно величине, например, единице.

Переходим к объему. Тело движется в воде, следовательно, к нему можно применить закон Архимеда. Объем же тела по

этому закону равен выталкивающей силе, деленной на удельный вес жидкости, т. е.

$$V = \frac{F_1}{d_1},$$

где F_1 — выталкивающая сила, d_1 — удельный вес воды. Таким образом, дальнейшее решение сводится к нахождению выталкивающей силы.

Обратимся к условию задачи. На тело при его падении в воде действуют две силы — вес и выталкивающая сила, направленные в противоположные стороны. Равнодействующая этих сил будет силой, сообщающей телу при его падении ускорение. Отсюда $F_1 = P - F_2$, где F_2 — сила, сообщающая ускорение.

Это равенство можно переписать в другом виде:

$$F_1 = mg - ma = m(g - a).$$

Из данных в условии задачи можно найти ускорение движения тела в воде, зная пройденный путь и время движения,

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$

Следовательно, для объема тела мы имеем:

$$V = \frac{m(g - a)}{d_1}.$$

Подставляя полученные выражения для V и P в исходную формулу, имеем:

$$d = \frac{mg}{m(g - a)} d_1 \quad \text{или} \quad d = d_1 \frac{g}{g - a}.$$

8. „Шарик, вес которого равен P, подвешен на нити и отведен в сторону так, что нить образует с первоначальным направлением угол 90°. Затем шарику предоставляют качаться. Определить силу натяжения нити в момент прохождения шариком положения равновесия“ (Демидов, № 599.)

Эта задача богата физическим содержанием и решение ее в классе вполне воспринимается всеми учащимися IX класса.

Приведем ее решение без детального анализа. Сила натяжения нити в момент прохождения шариком положения равновесия (рис. 36) будет равна весу самого шарика плюс центробежная сила, так как нить является связью, удерживающей шарик при его движении по дуге окружности.

Запишем это кратко: $F = P + F_{цб}$.

Таким образом, решение задачи сводится к нахождению центробежной силы:

$$F_{цб} = \frac{mv^2}{R}.$$

Выражая массу шарика через $\frac{P}{g}$ и заменяя R через длину нити l, получаем: $F_{цб} = \frac{Pv^2}{gl}$. В этой формуле v — скорость, которую шарик приобретает при движении по дуге с верхней точки

и которая равна скорости свободного падения шарика с высоты l. Тогда $v^2 = 2gl$, а $F_{цб} = \frac{P \cdot 2gl}{gl} = 2P$. Окончательно $F = 3P$, т. е. сила натяжения нити равна утроенному весу шарика.

9. „С высшей точки обруча небольшое тело движется вниз. На какой высоте тело оторвется от обруча?"

Пусть тело оторвется в точке B, находящейся на высоте h от высшей точки (рис. 37). Разлагая вес тела в этой точке на две составляющие по направлению радиуса — F_1 и перпендикулярную ей F_2, имеем $F_1 = P \sin\alpha = mg\frac{R-h}{R} = \frac{mv^2}{R}$, откуда $g(R-h) = v^2$. Но из известного соотношения имеем: $v^2 = 2gh$. Тогда предыдущее соотношение перепишем в таком виде:

$$g(R-h) = 2gh \text{ или } R-h = 2h.$$

Тогда $$3h = R; \quad h = \frac{1}{3}R.$$

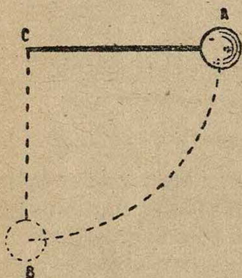


Рис. 36.

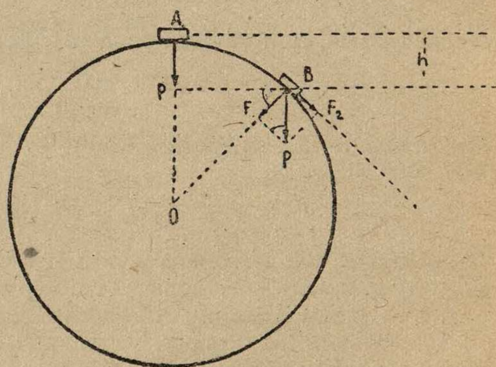


Рис. 37.

10. „Из точки A, лежащей на верхнем конце вертикального диаметра AB, одновременно начинают двигаться небольшие тяжелые тела по направлению различных хорд круга. Какое из тел достигает окружности круга в наиболее короткий промежуток времени?" (рис. 38).

Движение по вертикальному диаметру — свободное падение, а поэтому $t = \sqrt{\frac{2D}{g}}$, где D — диаметр круга. Движение по любой хорде, как движение по наклонной плоскости, происходит под действием постоянной силы с ускорением $a = g\frac{h}{l}$, $a_1 = g\frac{h_1}{l_1}$ и т. д.

Тогда $l_1 = \frac{gh_1 t_1^2}{2l_1}$, $l_2 = \frac{gh_2 t_2^2}{2l_2}$ и т. д.

Откуда $t_1 = \sqrt{\frac{2l_1^2}{gh_1}}$.

Но $l_1^2 = Dh_1$, тогда $t_1 = \sqrt{\frac{2Dh_1}{gh_1}} = \sqrt{\frac{2D}{g}}$; $t_1 = \sqrt{\frac{2D}{g}}$,
т. е. $t = t_1 = t_2$.

Следовательно, все тела придут к окружности одновременно.

11. „Нагреватель электрического чайника состоит из двух одинаковых секций. При последовательном включении обеих секций вода в нем закипает через t минут. Через сколько минут вскипит чайник при параллельном включении секций?“

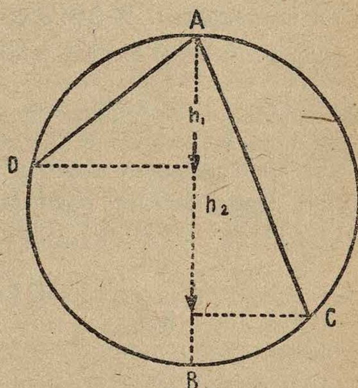


Рис. 38.

Так как напряжение в сети не меняется, а также не изменяется общее количество теплоты, выделяемое током, то можно решение этой задачи представить в таком виде:

$Q_{пос} = 0{,}24\frac{u^2}{2R}t$, где R — сопротивление одной секции, t — время при последовательном включении обеих секций. Для параллельного соединения обеих секций предыдущая формула будет иметь такой вид

$Q_{пар} = 0{,}24\frac{u^2}{\frac{R}{2}}t_1$, так как $Q_{пос} = Q_{пар}$, то $0{,}24\frac{u^2}{2R}t = 0{,}24\frac{u^2}{\frac{R}{2}}t_1$,

или $\frac{t}{2} = 2t_1$, а $t_1 = \frac{t}{4}$, т. е. при параллельном включении обеих секций чайник вскипит в 4 раза быстрее, чем при последовательном их включении. Можно было бы ответ задачи получить, не прибегая к приведенным здесь математическим преобразованиям, а путем таких чисто физических рассуждений: при одном и том же напряжении количество теплоты, выделяемое током в проводнике, обратно пропорционально сопротивлению проводника и прямо пропорционально времени прохождения тока. Следовательно, время, необходимое для выделения одного и того же количества теплоты в проводниках, прямо пропорционально их сопротивлению, т. е. в данном случае имеем:

$$\frac{t}{t_1} = 2R : \frac{R}{2} = 4, \quad t_1 = \frac{t}{4}.$$

12. „При каком условии гальванический элемент даст наибольшую мощность? На что в этом случае расходуется его энергия?"

Полная мощность элемента может быть выражена таким соотношением: $P = EI$. В этом соотношении E есть величина постоянная, следовательно, мощность есть функция I и будет иметь наибольшее значение при наибольшем значении аргумента I. Исходя из формулы закона Ома для всей цепи $I = \frac{E}{r+R}$, можно видеть, что максимальное значение I будет при R, равном 0, т. е. при коротком замыкании. В этом случае $I = \frac{E}{r}$ и мощность $P = \frac{E^2}{r}$. Вся энергия в этом случае расходуется на нагревание самого элемента.

В отдельных случаях выяснение смысла некоторых технических формул может предлагаться также в виде особой буквенной задачи. Приведем пример такой задачи:

„При технических расчетах водяных двигателей мощность воды вычисляется по формуле:

$$W = \frac{1000\,Q\left(\frac{c_1^2}{2g} + H - \frac{c_2^2}{2g}\right)}{75}\ \text{л.с.},$$

где Q — число $м^3$ воды, протекающей в секунду; c_1 — скорость течения воды перед двигателем в $\frac{м}{сек}$; c_2 — скорость течения воды после двигателя в $\frac{м}{сек}$; H — разность уровня воды в приводном и отводном каналах в метрах. Выясните смысл этой формулы. Формула выражает полную мощность воды, „полезная" мощность составляет большую или меньшую долю этой величины в зависимости от устройства двигателя".[1]

Физический смысл отдельных элементов этой формулы следующий: $1000\,Q$ — вес воды в $кГ$, протекающей в секунду; $\frac{1000\,Q}{g}$ — масса этой воды в т. е. м.; $\frac{1000\,Qc_1^2}{2\,g}$ — кинетическая энергия воды перед двигателем. $1000\ H$ — разность потенциальной энергии воды в приводном и отводном каналах; $\frac{1000\,Qc_2^2}{2\,g}$ — кинетическая энергия воды после двигателя.

Таким образом, весь числитель этой формулы выражает работу воды в течение секунды за счет изменения кинетической и потенциальной ее энергии. Так как работа, производимая в секунду, измеряет мощность, то, следовательно, числитель формулы дает полную мощность воды в $\frac{кГм}{сек}$, а при делении числителя на 75, эта мощность выражается в лошадиных силах.

---

[1] Цингер. Задачи и вопросы по физике. 1933, № 490.

Мы остановились здесь на большом числе примеров буквенных задач для того, чтобы показать, что они могут быть самые разнообразные по физическому содержанию и по степени трудности и что во многих случаях решение подобного рода задач может быть с большой пользой применено в школьной практике для тех или иных педагогических целей.

ГЛАВА XI

ЗАДАЧИ, В УСЛОВИИ КОТОРЫХ МАЛО ДАННЫХ ИЛИ „НИЧЕГО НЕ ДАНО"

„Стремление некоторых преподавателей свести задачи к определенным типам и научить решать эти „типичные" задачи лишь очень условно может быть признано целесообразным. Конечно, во всяком отделе физики есть наиболее важные типы задач, однако, задачей преподавателя является обучить учащегося уменью решить всякую задачу, а не только „типичную". Стремление к типизации задач может выродиться в закрепление ряда трафаретов или рецептов".[1]

Эти указания проф. Галанина имеют большое практическое значение и в настоящее время, потому мы здесь их приводим.

На решении некоторых видов не „типичных" задач мы остановимся в этой главе. К таким задачам надо отнести, в первую очередь, те из них, в условии которых мало числовых данных или, по выражению учащихся, „ничего не дано".

I. Сюда относятся прежде всего те из названных нами выше экспериментальных задач, для решения которых некоторые данные должны быть получены из опыта или непосредственного измерения.

Вот примеры таких задач в разных классах.

1. „Определить удельный вес керосина".

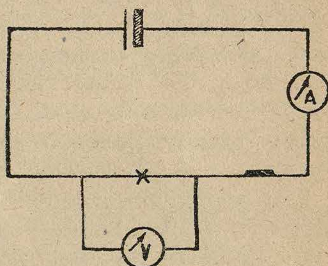


Рис. 39.

При решении этой задачи в VI классе взвешивается определенное количество керосина и определяется его объем при помощи мензурки. Из этих опытных данных вычисляется удельный вес.

2. „Определить мощность лампочки".

Для решения этой задачи в VII классе составляется электрическая цепь по схеме (рис. 39) и показания амперметра и вольтметра дают необходимые для вычисления данные. После вычисления результат сравнивается с указанной мощностью на самой лампочке. Решая эту задачу, учащиеся лишний раз вспоминают способ включения в цепь амперметра и вольтметра.

---

[1] Проф. Д. Д. Галанин. „В помощь учителю", 1940, № 16, стр. 13.

В VIII классе к простейшему типу таких задач относится уже приведенная выше задача на определение мощности при поднятии по лестнице.

Для решения задачи необходимые данные получаются непосредственным измерением: собственный вес измеряется на медицинских весах, высота поднятия измеряется рулеткой и время поднятия отсчитывается по секундомеру или по часам.

Зная эти величины, определяем мощность подъема по формуле:

$$N = \frac{Ph}{t}$$

К такому же виду задач VIII класса можно отнести и следующую задачу: „Какая работа совершается при бросании данного тела в горизонтальном направлении?“

Для ее решения необходимые данные получаем из опыта.

Работа затрачивается на сообщение телу кинетической энергии, для определения которой необходимо определить массу тела и начальную скорость. Первую величину определяем с помощью весов, вторую же величину определяем исходя из законов равномерного движения, так как движение тела по горизонтальному направлению без учета сопротивления воздуха будет равномерное. Следовательно, для определения начальной скорости движения тела, определяем расстояние, на котором упадет тело, и время движения $v = \frac{s}{t}$ (обе величины находим из опыта). Тогда $W = E = \frac{mv^2}{2}$.

В IX классе примером рассматриваемых нами задач может быть хотя бы такая: „Определить вес воздуха, заполняющего данную комнату“.

Эту задачу полезно решить в конце года при повторении курса.

Для ее решения необходимы следующие данные: уд. вес воздуха при нормальных условиях (учащиеся должны его знать), объем комнаты (вычисляется по линейным размерам комнаты), давление воздуха (измеряется по барометру) и, наконец, температура воздуха комнаты (измеряется термометром). Получив все указанные данные, вычисляем вес воздуха по известной общей формуле:

$$P = \frac{273 d_0 vp}{p_0 T}$$

Наконец в X классе в числе многих задач можно назвать следующую:

„Определить коэффициент полезного действия электрического чайника.“

Из опыта определяются такие данные: масса воды, начальная и конечная ее температура, сила тока, напряжение и время, в течение которого чайник был включен в сеть.

На основании этих данных уже рассчитывается коэффициент полезного действия по формуле $\eta = \frac{cM(t_2° - t_1°)}{0{,}24\,IUt}$.

Большинство из приведенных здесь задач являются задачами лабораторного типа. Методика постановки лабораторных работ в форме экспериментальных задач — вопрос большой и сложный, и мы не имеем возможности здесь на нем подробно останавливаться.

II. К рассматриваемым нами задачам относятся далее такие задачи, которые формулируются в виде вопроса, ответ на который необходимо обосновать, получить в общем виде, а также многие буквенные задачи, которые мы разбирали в предыдущей главе. Приведем только два примера таких задач:

1. „Какая часть объема тела при плавании погружается в жидкость?"

На основании закона плавания тел имеем

$$P = F_{\text{выт}} \text{ или } dV = d_1 V_1,$$

где V — объем всего тела, V_1 — объем погруженной части тела. Из предыдущего равенства получаем

$$\frac{V_1}{V} = \frac{d}{d_1}, \quad V_1 = V\frac{d}{d_1}.$$

Конкретизируя этот вывод на примерах плавания тел в воде, имеем: пробка ($d = 0{,}2\ \frac{Г}{см^3}$) при плавании в воде погружается на 0,2 своего объема, сосновое дерево ($d = 0{,}5\ \frac{Г}{см^3}$) — на 0,5 своего объема, лед — на 0,9 и т. д.

2. „Каким способом можно закинуть льдинку дальше: бросив в воздух или пустив скользить по льду".[1]

Для решения этой задачи-вопроса мы должны применить законы движения тел, брошенных в пустоте под углом к горизонту (сопротивлением воздуха пренебрегаем, так как для небольших скоростей оно мало), и теорему „живых сил".

Для первого движения берем случай наибольшей дальности полета при угле бросания в 45°.

Для этого случая дальность полета может быть определена по формуле

$$s = \frac{v^2}{g},$$

где v — начальная скорость бросания, g — ускорение силы тяжести.

Для второго движения пройденный путь можем определить, исходя из следующих рассуждений: бросая льдинку, мы сообщаем ей запас кинетической энергии $\frac{mv^2}{2}$, за счет которого при движении ее по льду производится работа по преодолению силы трения, равная $fPs_1 = fmgs_1$.

[1] Перельман. „Знаете ли вы физику?" 1934, № 33.

Приравнивая запас кинетической энергии льдинки произведенной работе, получаем

$$fmgs_1 = \frac{mv^2}{2},$$

откуда $s_1 = \frac{v^2}{2fg}$. Так как коэффициент трения льда о лед можно принять равным 0,02, то $s_1 = \frac{v^2}{0{,}04\,g} = \frac{25\,v^2}{g}$.

Сравнивая полученные выражения для пройденных путей этих двух движений, видим, что заставив льдинку скользить по льду, мы можем закинуть ее дальше, чем бросив в воздух, примерно, в 25 раз.

III. В условиях многих задач мало данных потому, что при их решении должны быть применены известные константы, числовое значение которых учащиеся должны помнить (ускорение силы тяжести, температурный коэффициент расширения газов, механический эквивалент теплоты и др.) или при их решении в общем виде те или другие величины сокращаются.

Приведем несколько примеров таких задач:

1. „При какой температуре объем газа, взятого при 0°, уменьшится в 3 раза“. (Демидов, № 266.)

В условие этой задачи надо добавить, что давление газа остается постоянным и задача решается применением закона Гей-Люссака

$$V = V_0(1 + \beta t^0), \quad V = \frac{V_0}{3} \text{ (по условию)}$$

$$\frac{V_0}{3} = V_0(1 + \beta t^0), \quad \frac{1}{3} = 1 + \beta t^0; \quad \beta t^0 = -\frac{2}{3}$$

$$t^0 = \frac{-2 \cdot 273}{3} = -182^\circ$$

$$\underline{t^\circ = -182^\circ\,C.}$$

2. „Тело при погружении в воду становится в 5 раз легче. Как велик его удельный вес?“

На основании закона Архимеда и условия задачи имеем

$$P = 5P_1; \quad F_{\text{выт}} = 5P_1 - P_1 = 4P_1,$$

$$d = \frac{P}{F_{\text{выт}}} \cdot d_1; \quad d = \frac{5P_1}{4P_1} d_1; \quad d = \frac{1 \cdot 5}{4} \frac{Г}{см^3} = 1{,}25\ \frac{Г}{см^3}.$$

3. „При какой наименьшей длине свинцовая проволока оборвется от собственной тяжести? Предполагается, что разрыв произойдет вблизи точки подвеса. Прочность на разрыв для свинца $200 \frac{кГ}{см^2}$“. (Демидов, № 93.)

Исходя из понятия предела прочности и приравнивая разрывное усилие весу проволоки, получаем такое решение задачи:

$$\sigma_b = \frac{P}{S};\ P = dSl, \text{ откуда } \sigma_b = dl,$$

$$l = \frac{\sigma_b}{d} \qquad \left(d = 11{,}3 \frac{\textit{г}}{\textit{см}^3}\right)$$

$$l = \frac{200\,000}{11{,}3} \simeq 17\,700 \textit{ см} \simeq 177 \textit{ м},$$

$$l = 177 \textit{ м}.$$

4. „На какой высоте над поверхностью Земли давление тела на подставку вследствие тяготения Земли будет в два раза меньше, чем на поверхности Земли?“ (Демидов, № 607.)

В условии данной задачи термин „давление“ употреблен в смысле „силы давления“, которая в рассматриваемом случае равна весу. Следовательно, данную задачу можно сформулировать в таком виде: на какой высоте над поверхностью Земли вес тела будет в два раза меньше, чем на поверхности Земли? Тогда ответ на вопрос задачи, на основании закона всемирного тяготения, дает следующее соотношение:

$$\frac{P}{P_1} = \frac{R_1^2}{R^2},$$

где P и P_1 — соответственно вес тела на поверхности Земли и на искомой высоте, а R и R_1 — расстояние от центра Земли до поверхности Земли и до искомой высоты. Из условия задачи имеем, что $\frac{P_1}{P} = 2$, следовательно,

$\frac{R_1^2}{R^2} = 2$ или $\frac{R_1}{R} = \sqrt{2}.$ Так как $R_1 = R + h$, то $R + h = \sqrt{2}R.$

Откуда $h = R(\sqrt{2} - 1) \simeq 0{,}4\,R$; $h = 0{,}4\,R$.

(Численное значение не приводим.)

5. „Падающая звезда“ представляет собой камень, летящий со скоростью большей, чем скорость пули. Пусть эта скорость равна 30 $\frac{\textit{км}}{\textit{сек}}$.

Во сколько раз кинетическая энергия такого камня больше тепловой энергии, полученной от сжигания равного ему веса угля?“ (Сондерс.)

Выражая кинетическую энергию камня и тепловую энергию угля в одинаковых единицах, получим такое решение этой задачи:

$$E = \frac{mv^2}{2} \text{ и } W = Jqm,$$

где J — механический эквивалент теплоты, q — калорийность угля. Откуда
$$\frac{E}{W} = \frac{mv^2}{2Jqm};\quad \frac{E}{W} = \frac{v^2}{2Jq}.$$

Подставляя численные значения величин в системе CGS, получаем
$$\frac{E}{W} = \frac{(3\cdot 10^6)^2}{2\cdot 4{,}2\cdot 10^7\cdot 7\cdot 10^3} \simeq \frac{9\cdot 10^2}{59} \simeq 15.$$

$$\frac{E}{W} = 15.$$

6. 1000 равных по объему и одинаково наэлектризованных дождевых капель сливаются в одну каплю, причем заряды всех капель сохраняются. Как велик будет потенциал большой капли в сравнении с потенциалом отдельных маленьких капель?" (Цингер.)

Объем большой капли будет в 1000 раз больше объема отдельной маленькой капли. На основании правила геометрии, что объемы шаров относятся как кубы их радиусов, имеем:

$$\frac{R^3}{r^3} = 1000, \text{ откуда}$$

$$\frac{R}{r} = \sqrt[3]{1000} = 10; \quad R = 10r$$

Заряд большой капли в 1000 раз больше заряда малой капли.

Тогда потенциал малой капли $U_1 = \frac{q}{r}$, а потенциал большой капли $U = \frac{1000q}{10r} = \frac{100q}{r}$.

Сравнивая эти потенциалы, мы видим, что потенциал большой капли в 100 раз больше потенциала отдельной малой капли.

IV. В условии некоторых задач мало данных потому, что необходимые для их решения данные должны быть взяты из таблиц.

Приведем только один пример такой задачи

„В магистраль, состоящую из медного провода сечением 5 $мм^2$, надо включить свинцовый предохранитель. Какого сечения надо его взять, чтобы при нагревании магистрали более чем на 10° он расплавился?" Начальная температура свинца 27°. (Демидов, № 792.)

При решении этой задачи следующие данные необходимо взять из таблиц: $\varrho_2 = 0{,}21 \frac{ом\, мм^2}{м}$, $\varrho_1 = 0{,}017 \frac{ом\, мм^2}{м}$, $c_2 = 0{,}03 \frac{кал}{г\, град}$, $q_2 = 5 \frac{кал}{г}$, $c_1 = 0{,}09 \frac{кал}{г\, град}$, $t^0_{пл}$ свинца $= 327°$, $d_2 = 11{,}3 \frac{Г}{см^3}$, $d_1 = 8{,}9 \frac{Г}{см^3}$.

Данная задача является примером комбинированной задачи сложного типа. Если преподаватель найдет время, решение ее в классе может быть полезным в смысле повторения большого количества физических понятий и закономерностей. Приводим ее решение без подробных объяснений. При одинаковой силе тока отношение количеств теплоты, выделяемой в магистрали и свинцовом предохранителе за одно и то же время, равно отношению их сопротивлений, т. е. $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$, где индекс „1" относится к величинам магистрали, а индекс „2" — к величинам предохранителя. Производя соответствующие замены

$$Q_1 = c_1 d_1 S_1 l_1 \Delta t^0_1; \; Q_2 = [c_2(t^0_{пл} - t^0) + q_2] d_2 S_2 l_2; \; \frac{R_1}{R_2} = \frac{\varrho l_1 S_2}{\varrho_2 l_2 S_1},$$

получаем:

$$\frac{c_1 d_1 S_1 l_1 \Delta t^0}{[c_2(t^0_{\text{пл}} - t^0) + q_2] d_2 S_2 l_2} = \frac{\varrho_1 l_1 S_2}{\varrho_2 l_2 S_1},$$

откуда

$$S_2 = \sqrt{\frac{S_1^2 \varrho_2 c_1 d_1 \Delta t^0}{\varrho_1 d_2 (c_2 \Delta t^0_2 + q_2)}}$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{25 \cdot 0{,}21 \cdot 0{,}09 \cdot 8{,}9 \cdot 10}{0{,}017 \cdot 11{,}3 \cdot (0{,}03 \cdot 300 + 5)}}\ \text{мм}^2 \simeq 3{,}9\ \text{мм}^2$$

$$S_2 = 3{,}9\ \text{мм}^2.$$

Решение всех видов приведенных здесь задач требует от учащихся не только определенных знаний, но и навыков логического мышления. Эти задачи обычно представляют для учащихся большие трудности. Преподаватель должен найти время для упражнения учащихся в решении подобного рода задач.

В школьной практике редко используется еще один вид задач, в условии которых „ничего не дано" и которые, по нашему мнению, заслуживают особого внимания по своей педагогической ценности. Мы имеем в виду задачи „более высокого класса, творческого характера", т. е. такие задачи, в которых „перед учащимися ставится только проблема, как она ставится перед нами самой жизнью".[1] „Эти задачи, — говорит автор статьи, — должны быть так составлены, чтобы они требовали от учащегося наблюдений, исследований, уменья найти нужный материал в справочниках, в специальной литературе, из бесед со сведущими людьми. Некоторые сведения могут быть взяты ориентировочно или условно". Автор приводит такие примеры этих задач:

1. Рассчитать силовую установку для электрического освещения в колхозе.

2. Что выгоднее: вывезти снег со двора или растопить его на месте в снеготаялке?

3. Рассчитать, во что обойдется электрокипячение 1 *л* воды.

4. Рассчитать мощность современного паровоза.

Мы разделяем точку зрения автора статьи, что без предварительной подготовки нельзя давать учащимся для самостоятельного решения такого рода задачи, а необходимо коллективно в классе разобрать несколько примеров и на них показать, „как решаются подобные задачи, из каких источников добываются численные значения величин".

Чтобы показать, как решать такие задачи в классе, мы приводим с некоторым изменением решение следующей задачи, предлагаемой автором вышеуказанной статьи: „Рассчитать ориентировочно мощность современного грузового паровоза".

После предупреждения учащихся о том, что при ориентировочных расчетах вполне возможны всякого рода упрощающие предположения и округление численных значений величин,

---

[1] Арефьев. „Физика в школе", 1940, № 4, стр. 38.

устанавливаются величины, определяющие мощность паровоза. Такими величинами являются следующие: требуемая сила тяги паровоза и скорость его движения. Поэтому исходной формулой для решения задачи будет такая:

1. $N = Fv$.

Сила тяги паровоза определяется преодолеваемым сопротивлением (силой трения) и ускорением движения, причем сила трения во все время движения считается постоянной

$$F = F_{\text{тр}} + F_{\text{уск}} = fP + ma.$$

Сопротивление среды не учитывается, так как при малой скорости оно мало, а при нормальной скорости на преодоление сопротивления пойдет освободившаяся сила, сообщающая ускорение. Тогда имеем:

2. $N = (fP + ma)\ v$.

В этой формуле численное значение величин зависит от тех требований, которые предъявляются паровозу, а f берется из таблицы.

Требования к товарному паровозу можно предъявлять хотя бы такие: он должен везти по горизонтальному пути состав из 100 вагонов по 25 T каждый со скоростью 40 $\frac{км}{час}$ (округленно можно положить $v = 36 \frac{км}{час}$). Чтобы рассчитать ускорение движения, надо знать время, в течение которого поезд от остановки достигнет предельной скорости. Можем предположить, что она, например, равна 5 мин. Тогда

$$a = \frac{v}{t};\ a = \frac{10}{300} \frac{м}{сек^2} \simeq 0{,}033 \frac{м}{сек^2},\ a \simeq 0{,}033 \frac{м}{сек^2}.$$

Таким образом после такого анализа в условии задачи могут быть записаны следующие числовые данные: $P = 25\ T \cdot 100 = 2500\ T = 2\,500\,000\ кГ$, $m = 250\,000$ т. е. м., $v = 36 \frac{км}{час} = 10 \frac{м}{сек}$; $a = 0{,}033 \frac{м}{сек^2}$; $f = 0{,}003$.

Далее, подставляя в формулу 2 численное значение величин, получаем:

$$N = \frac{(0{,}003 \cdot 25 \cdot 10^5 + 0{,}033 \cdot 25 \cdot 10^4)10}{75}\ л.с. = (100 + 11 \cdot 10)\ 10\ л.с.$$

$$N \simeq 2\,100\ л.с.$$

После этого путем соответствующего ряда вопросов производится исследование решения задачи. Такими вопросами могут быть следующие:

1. Что произойдет, если при тяжелом составе поезда паровоз окажется очень легким?

2. Как можно увеличить силу трения в этом случае?

3. По какому максимальному подъему может подниматься наш состав, сохраняя скорость 10 $\frac{м}{сек}$? ($F_{\text{под}} = F_{\text{уск}}$).

4. Какой длины подъем 0,005 может одолеть наш состав, имеющий в начале подъема скорость 10 $\frac{м}{сек}$, а в конце—около половины этой скорости?

5. А как быть, если на дороге имеется более длинный уклон?

Нужен более мощный паровоз, или надо уменьшить вес состава поезда, или дать толкача при подъеме, или больше разогнать поезд перед подъемом $\left(\text{увеличить } \frac{mv^2}{2}\right)$.

6. Какая добавочная мощность нужна для движения самого паровоза, если он весит 100 T?

Приводим решение четвертого вопроса, так как оно может вызвать некоторые недоумения на практике. Исходим из следующего положения. Работа, затрачиваемая на подъем ($Ph = P \cdot 0{,}005\, l$), должна быть равна работе ускоряющей силы (эта часть силы тяги в этом случае будет затрачиваться на подъем) и изменению запаса кинетической энергии поезда, т. е.

$$0{,}005\, Pl = F_{\text{уск}}\, l + \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} \quad (F_{\text{уск}} = 250\,000 \cdot 0{,}033\ кГ = 8\,250\ кГ)$$

После подстановки в это уравнение численного значения величин имеем:

$$0{,}005 \cdot 2\,500\,000\, l = 8\,250\, l + 12\,500\,000 - 3\,125\,000$$

$$4\,250\, l = 9\,375\,000;\ l = \frac{9\,375\,000}{4250} \simeq 2\,200\ (м)$$

$$l = 2{,}2\ км.$$

Мы еще раз обращаем внимание преподавателей на большую педагогическую ценность всех задач, в условии которых „ничего не дано". Поэтому весьма полезно в школьной практике уделить решению этих задач некоторое время, чтобы привить учащимся навыки решать их.

ГЛАВА XII

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

При классификации задач по физике (гл. IV) мы выделили в особую группу экспериментальные задачи, отнеся к этой группе всякого рода задачи, при решении которых так или иначе применяется эксперимент. Здесь мы несколько подробнее остановимся на вопросах, связанных с подбором этих задач, их применением в педагогическом процессе и с их решением.

Необходимо отметить, что экспериментальные задачи для передовой педагогической мысли не являются чем-то совершенно новым. Еще Лермантов высказывал мысль о том, что многие лабораторные работы необходимо предлагать учащимся в форме задач. Эту же мысль в наше время высказывает проф. П. А. Знаменский.[1] Во внеклассной работе в чрезвычайно своеобразной форме целый ряд экспериментальных задач исследовательского характера предлагал учащимся В. А. Зибер. Описание этих задач в их постановке дано автором в двух выпусках, напечатанных в 1925 г. под названием „Живые задачи по физике". Отдельные задачи первого

[1] П. А. Знаменский. „Физика в школе", 1945.

выпуска могут быть использованы в классной работе и в настоящее время. В предисловии автора и в указаниях к отдельным задачам, каждый преподаватель физики может найти для практической работы чрезвычайно ценный и интересный материал. Приходится пожалеть только о том, что „Живые задачи" в настоящее время являются библиографической редкостью и мало известны широким массам преподавателей. Непосредственно в педагогическом процессе с большим энтузиазмом в течение целого ряда лет применял экспериментальные задачи самого разнообразного характера Н. Ф. Платонов (ныне уже скончавшийся). Задачи, связанные непосредственно с проводимыми на уроке демонстрациями, Н. Ф. Платонов назвал „задачами с экспериментального стола".

В течение целого ряда лет у него, как он об этом сам пишет, составился „довольно большой список тем, различных по своему характеру и происхождению, частью уклоняющихся от первоначального типа, а иногда и выходящих за пределы „экспериментального стола", но объединенных между собою по признаку конкретности своего содержания и связи с экспериментом".

Только некоторые из разного типа экспериментальных задач, о которых здесь говорится, были напечатаны на страницах журнала[1], остальные же, к сожалению, не дошли до нас. Все же необходимо отметить, что Н. Ф. Платонов в этом вопросе был не одинок. Отдельные преподаватели физики также стали применять эксперимент к решению задач. Вопрос об экспериментальных задачах в 1940 г. был включен в повестку Научно-педагогической конференции Л. И. У. учителей, по которому с интересным докладом выступил научный сотрудник Института С. С. Мошков, остановившийся на своем опыте использования экспериментальных задач в школьной практике. В настоящее время этот вопрос снова встает во всей широте перед учителями физики, так как значение этих задач в образовательном и воспитательном отношении неоспоримо. Прежде всего привлечение к решению задач эксперимента — это несомненно ценный „методический прием, повышающий интерес учащихся к физике и углубляющий понимание ими этого предмета. Такие задачи еще не оторваны от опыта, законы физики ощущаются в них острее, чем в задачах обычного типа, и ответ на поставленный вопрос дает прибор, а не книга" (Н. Ф. Платонов). Многие из этих задач „особенно наглядно и убедительно подчеркивают практическое значение физических знаний, практическое применение общих положений физики к частным конкретным случаям... Решая эти задачи, учащиеся легче концентрируют внимание на физической их стороне". Так как произведенное учащимися решение той или иной задачи во многих случаях тут же проверяется соответствующим экспериментом, то „опыт работы школы в этом направлении обнаруживает совершенно исключительный интерес, который проявляют учащиеся к таким задачам" (К. Н. Елизаров).

[1] Платонов. „Физика в школе", 1938, № 2, 5, 6; 1940, № 6.

Роль эксперимента в некоторых задачах настолько велика, что значение такого рода задач приближается к значению демонстраций и лабораторных работ, так как их решение дает возможность расширить связь теории с практикой, привить навыки учащимся в самостоятельной работе и навыки „подходить вплотную к предмету наблюдения". Далее отдельные экспериментальные задачи ценны в том отношении, что их решение помогает учащимся уяснить физическую сторону содержания определенного типа вычислительных задач, создавая „ощущение конкретности разбираемых явлений".

Решение экспериментальных задач, связанных с теми или иными измерениями, может обогатить учащихся новыми приемами определения на практике тех или иных физических величин в отдельных конкретных случаях.

Как уже указывалось в предыдущей главе, многие экспериментальные задачи относятся к типу задач, в условии которых „ничего не дано", и необходимые для их решения данные учащиеся должны определить из опыта, что заставляет их не только „мыслить, но чувствовать и действовать".

Такого рода задачи, несомненно, являются более жизненными, чем другого рода задачи, и имеют особое значение в развитии у учащихся соответствующих практических навыков и умений.

При решении любых экспериментальных задач одним из необходимых элементов в решении является рисунок, чертеж, отсюда большая роль этих задач в развитии графической грамотности учащихся.

Экспериментальные задачи, помимо классной работы, могут особенно широко использоваться во внеклассной работе. Неоднократно приходится слышать от преподавателей физики об отсутствии материала для кружковой работы. Умело подобранные экспериментальные задачи могут составить содержание многих занятий кружков самого разнообразного состава.

Использование в педагогическом процессе экспериментальных задач поможет преподавателю усилить элемент наглядности при решении задач и тем самым оживить работу, повысить интерес учащихся.

Наконец, проверка на опыте полученных результатов решения тех или иных задач заставит учащихся более внимательно и ответственно относиться к вычислениям, что будет способствовать развитию у них указанного выше критического отношения к полученным ответам, к анализу ответов.

Остановимся в нескольких словах на подборе рассматриваемых нами задач.

Подбор всякого рода задач, а не только экспериментальных, всегда затрудняет преподавателя физики, особенно начинающего.

Откуда преподаватель физики может брать экспериментальные задачи разного типа? По этому вопросу необходимо указать, что каждый преподаватель должен подбирать и даже многие экспериментальные задачи сам составлять, исходя из производи-

ных им демонстраций и из имеющихся в кабинете приборов и материалов. Отсюда первым источником экспериментальных задач является тот физический кабинет, в котором работает преподаватель, и детальное знание оборудования которого для этой цели совершенно обязательно. Вот что пишет по этому поводу Н. Ф. Платонов: „В связи с применением этого метода (разумеются „задачи с экспериментального стола“. — *Ш.*) я стал изучать все приборы своего кабинета, измеряя сопротивление катушек, имеющихся в кабинете, фокусное расстояние линз и зеркал, цену деления гальванометров, которые не всегда обозначены на приборах, длины резонансных ящиков, на которых укреплены камертоны, сопротивления угольных и вольфрамовых ламп накаливания при различной силе проходящего через них тока“.

Это детальное изучение приборов физического кабинета позволило Н. Ф. Платонову при соответствующих демонстрациях давать учащимся разного рода экспериментальные задачи, используя имеющиеся в его распоряжении приборы.

Второй источник этих задач — учебная литература. Задачи обычного типа и задачи-вопросы, допускающие опытное решение, в достаточном количестве могут быть взяты из учебной литературы, без всяких изменений или с некоторыми изменениями, главным образом числовых данных, а часто и самого вопроса задачи.

Перейдем теперь к решению экспериментальных задач и их использованию в педагогическом процессе. Относительно способов и приемов решения этих задач можно отметить, что они могут быть различными в зависимости от характера и содержания их. С точки зрения основной их характеристики — применение эксперимента при решении — могут быть такие случаи:

1. Задача имеет такое содержание, что окончательный ответ находится непосредственно путем эксперимента; например, опытное нахождение одной из сил, уравновешивающих друг друга на каком-нибудь простейшем механизме, нахождение силы трения при равномерном перемещении груза по горизонтальной поверхности и т. п. Сюда же следует отнести большинство экспериментальных задач-вопросов качественного характера.

2. Путем эксперимента учащиеся находят только нужные для решения данные, а окончательный ответ получается затем вычислением. Так, при экспериментальном решении задачи: „Найти коэффициент полезного действия лампочки накаливания мощностью в 54 ватта, как источника световой энергии“, учащиеся после опыта получают определенные данные, которые превращают эту экспериментальную задачу в вычислительную задачу, содержание которой и решение приведено выше (стр. 81). Сюда же следует отнести указанные в гл. IV „вещественные“ задачи, т. е. задачи лабораторного характера, и лабораторные работы, предлагаемые в форме экспериментальных задач. Говоря об этих экспериментальных задачах и приводя ниже некоторые примеры таких задач, мы вовсе не отождествляем лабораторные работы

с этими задачами. Мы полностью разделяем точку зрения проф. И. И. Соколова, что „у лабораторного метода — метода самостоятельного выполнения лабораторных работ учащихся — есть своя специфика“. Поэтому мы не считаем возможным „поглощать“ этот метод не только решением задач, но и всяким другим приемом педагогического процесса. Однако мы считаем полезным решение экспериментальных задач лабораторного характера как с целью закрепления соответствующей лабораторной работы, так и с целью контроля ее усвоения. Вместе с тем мы находим вполне возможным отдельные лабораторные работы ставить в форме экспериментальных задач, предлагаемых учащимся для самостоятельного решения в классе.

Выполнение лабораторной работы в форме экспериментальной задачи требует от учащихся больших навыков самостоятельной работы, а потому такой прием может быть применен только в старших классах. Организация класса в этом случае предполагается такой же, как и при обычном проведении лабораторной работы. Не разбирая большого вопроса постановки лабораторной работы в форме экспериментальной задачи (он требует специального исследования и подробного изложения), мы приведем здесь слова Мэнна, которые, по нашему мнению, помогут установить разницу между лабораторной работой и экспериментальной задачей соответствующего содержания. При лабораторных работах „учащиеся выполняют установленные опыты, проницательно задуманные для того, чтобы сделать понятными для них физические законы и помочь им сохранить эти законы в памяти, все это с той целью, чтобы учащиеся могли „понять физику“. Лабораторный опыт предустановлен и фиксирован. Он следует писанным или печатным инструкциям, от которых ученик редко может отступить со сколько-нибудь полезным результатом“[1].

Таким образом для лабораторной работы в обычном смысле характерны письменная, печатная или устная инструкция, при постановке же лабораторной работы в форме экспериментальной задачи, нам думается, никакой инструкции не дается, кроме разве указания тех приборов, которые необходимы для ее выполнения („вещевая установка“). Учащийся сам в этом случае должен составить план и найти путь к решению стоящей перед ним проблемы.

3. Путем эксперимента может быть получен окончательный ответ для некоторых вычислительных задач обычного типа и задач-вопросов, допускающих в то же время решение и без опыта, путем вычислений или соответствующих теоретических рассуждений. При решении таких задач одно решение может проверять другое.

Остановимся на некоторых конкретных примерах использования и решения экспериментальных задач в различных классах. Начнем с VI класса.

---

[1] Мэнн. Как учить физике, 1924, стр. 192.

В первой теме „Измерение длины, площади и объема" могут быть решены такие экспериментальные задачи:

1. „Определить диаметр тонкой проволоки, если n витков ее, намотанных плотно на карандаш, занимают расстояние l *мм*". Число витков и длина обмотанной части карандаша берутся из непосредственного измерения. Эта задача решается для закрепления соответствующей лабораторной работы и ее решение не отнимает много времени.

В этом классе имеет смысл решение даже такой простой задачи с последующей проверкой ответа тут же на опыте:

2. „В мензурку налито V *см*^{3} воды. Когда в воду опустили металлический брусок, то вода поднялась до V_1 *см*^{3}. Каков объем металлического бруска?" (Данные берутся из непосредственного измерения.)

В этой же теме могут быть решены экспериментальные задачи, знакомящие учащихся с приемами измерения объема малых тел, например:

3. „Определить средний объем одной дробинки, одной капли воды, одной булавки".

При прохождении тем „Сила тяжести" и „Удельный вес" могут быть решены экспериментальные задачи разного типа, как-то:

4. „Какой объем занимает 200 *Г* воды?"

Ответ обязательно здесь же проверяется на опыте, для чего при помощи мензурки определяется объем взвешенного количества воды.

Закрепление установленных соотношений между весом, объемом и удельным весом можно начинать с такой задачи:

5. „Определить без взвешивания вес данного кирпича или вес деревянного бруска". Результат проверить на опыте. Выясняется, что для нахождения веса тела необходимо знать его объем и удельный вес вещества. Как можно определить объем данного кирпича? Измеряем его линейные размеры и вычислением находим объем кирпича. Взяв уд. вес кирпича из таблицы, вычисляем его вес ($P = dV$). Путем взвешивания проверяется полученный результат на опыте. Какое расхождение полученного результата с опытом и как это расхождение объяснить? (Удельный вес кирпича преподавателю предварительно необходимо определить самому).

Такого же типа задачу можно предложить и на определение объема, например, железной гайки путем ее взвешивания $\left(V=\frac{P}{d}\right)$ с последующей проверкой результата вычисления при помощи мензурки.

Здесь же могут быть задачи, расширяющие и углубляющие навыки и знания учащихся такого, например, характера:

6. „Определить с помощью весов объем куска дерева неправильной формы".

Для решения этой задачи необходимо иметь, кроме куска неправильной формы, еще прямоугольный кусок того же дерева.

После выяснения вопроса о том, что веса однородных тел пропорциональны их объемам, т. е. что тело, вес которого больше, имеет во столько же раз больший объем, решение данной задачи сводится к следующему: определяется вес обоих кусков данного дерева, измеряются линейные размеры прямоугольного куска и вычисляется его объем. Затем из соотношения $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_1}{P_2}$ находится неизвестный объем куска дерева неправильной формы.

Такого же характера следующая задача: „Определить с помощью весов площадь большого куска папки, картона".

При ее решении выясняется, что вес куска папки при неизменной толщине пропорционален его площади. На самом решении мы не останавливаемся.

7. „Определить средний вес одной дробинки".

Эта задача решается или путем определения веса некоторого числа дробинок (50—100) или путем определения сначала среднего объема одной дробинки, для чего в мензурку наливается до определенного деления вода и в воду опускается 50—100 дробинок. Мензурку следует брать с ценой деления не больше 0,5 *см*³. Зная уд. вес свинца и средний объем одной дробинки, вычисляется вес дробинки. Результаты первого и второго решения, а также результат непосредственного взвешивания одной дробинки на чувствительных весах сравниваются между собою и объясняется причина расхождения. После решения этой задачи можно решить и такую задачу:

8. „Сколько дробинок находится в 2 *Г* дроби?"

При решении используется результат предыдущей задачи, а ответ проверяется простым пересчетом.

Во многих физических кабинетах имеется набор из разных материалов объемом в 1 *см*³. При выяснении и закреплении понятия удельного веса целесообразно предложить учащимся вопрос:

9. „Даны кубики из металлов (указываются металлы) объемом в 1 *см*³. Чему равен вес этих кубиков?" Ответы учащихся здесь же проверяются путем взвешивания кубиков на весах.

По рассматриваемой нами теме можно указать ряд задач, допускающих решение вычислением и опытным путем. Вот примеры.

10. „Сколько весит медная пластинка (указываются размеры)?" Пластинку можно взять из набора Горячкина.

11. „В банку, наполненную водой, опустили латунную гирю в 0,5 *кГ*. Сколько вылилось воды?" (Банку можно заменить отливным стаканом). Объем вылившейся воды можно измерить.

12. „Какая из гирь весом 200 *Г* каждая имеет больший объем: латунная, чугунная или фарфоровая?" После вычисления указанные гири необходимо показать. Решение такого рода задач помогает развитию у учащихся столь ценного навыка, как наблюдательность, „глазомер".

В следующей теме VI класса „Давление" после установления понятия „давления" и зависимости его от нагрузки и величины опорной площади обычно разбираются некоторые примеры боль-

ших и малых давлений, а затем установленные соотношения закрепляются решением соответствующих простых примеров и задач. В учебнике для VI и VII классов (Фалеев и Перышкин. Физика, ч. 1, § 32) разбирается пример, что „один и тот же кирпич производит разное давление в зависимости от того, как он положен“. Приводятся соответствующие числовые данные. Несомненно, более убедительно будет для учащихся все это в том случае, если вместо того, чтобы брать готовые данные из учебника, разобрать этот пример в виде такой экспериментальной задачи:

13. „Какое давление производит данный кирпич, когда он лежит на столе поочередно разными гранями?“ Выяснив вопрос о том, что для определения давления данного кирпича надо знать его вес и площадь каждой грани отдельно, производим измерение линейных размеров кирпича и при помощи весов определяем его вес. Эти измерения могут производить отдельные учащиеся.

Не останавливаясь на других задачах в данной теме, связанных с экспериментом, переходим к следующей теме.

При изучении закона Архимеда может быть предложен ряд простых задач, проверяемых опытом, вроде следующих:

14. „Определить выталкивающую силу, действующую на латунную гирю в 200 *Г* при погружении ее в воду“. Ответ проверяется при помощи пружинного динамометра на 400 *Г*. Объем гири определяется вычислением $\left(V=\frac{P}{d}\right)$ или используется результат решения задачи № 12.

Учащиеся VI класса медленно усваивают связь между выталкивающей силой, объемом тела и уд. весом самой жидкости; конкретизации этих вопросов в значительной мере может помочь решение экспериментальных задач-вопросов такого, например, содержания:

15. „К чашкам весов подвешены на нитках гири в 200 *Г* каждая — чугунная и фарфоровая. Останутся ли весы в равновесии если обе гири погрузить в воду? Какая гиря перетянет?“

Ответ проверяется на опыте.

16. „К чашкам весов на нитках подвешены алюминиевый и цинковый цилиндрики равного объема, весы при этом уравновешены. Останутся ли они в равновесии, если оба цилиндрика опустить в воду?“ (Проверить на опыте).

17. „К коромыслу весов на длинных нитях подвешены две одинаковых латунных гири по 50 *Г* каждая. Гири опускаются одна в воду, другая в спирт. Какая из этих гирь перетянет?“

Ответ проверяется на опыте.

18. „На чашку весов поставили стакан с водою и деревянный брусок и весы уравновесили. Изменится ли равновесие весов, если брусок переложить из чашки в стакан с водою, где он будет плавать?“ (Фалеев и Перышкин).

19. „В тарелку налита вода, высота слоя которой 2 *см*. Будет ли плавать в ней деревянный кубик, сторона которого равна 6 *см*? Будет ли плавать в этой воде кусок доски, весом равный весу кубика, если толщина доски 2 *см*?“ (Фалеев и Перышкин).

20. „Имеются два сосуда, оба одинаково до краев наполненные водой. В одном из сосудов плавает кусок дерева. Какой сосуд тяжелее?“

(Оба сосуда весят одинаково, так как из сосуда с деревом выливается по весу столько воды, сколько весит само дерево).

Решение всех этих задач с последующей проверкой ответа на опыте позволяет добиться более сознательного усвоения учащимися закона Архимеда.

В теме „Газы“ могут быть полезны в смысле конкретизации учащимися теоретического материала даже такие простые задачи-вопросы:

21. „Как убедиться, что в стакане находится воздух?“ (Использовать стакан, чашку с водой и резиновую трубку). Почему вода не входит в стакан?

22. „Как убедиться, что в барометрической трубке над ртутью нет воздуха?“

23. „Под колокол насоса помещают склянку, закупоренную пробкой. Почему при выкачивании воздуха из-под колокола пробка из склянки вылетает?“

24. „Из трубки длиною около 1 *м*, запаянной с одной стороны и с краном на другой, при помощи насоса выкачан воздух. Поместив конец с краном в ртуть, открывают кран. Заполнит ли ртуть всю трубку?“ (Фалеев и Перышкин).

Для опытной проверки можно взять длинную бюретку. Трубка ни при каких условиях не может заполниться ртутью (высота 1 *м*), тем более, что в трубке остается некоторое количество воздуха.

Приведенные примеры показывают, что во многих случаях простые задачи-примеры отвлеченного содержания могут быть заменены экспериментальными задачами соответствующего содержания. Эта замена в значительной мере будет способствовать сознательному усвоению теоретического материала и развитию у учащихся тех или других практических навыков. Опытная установка этих задач в большинстве случаев настолько проста, что не потребует много лишнего времени.

Остановимся далее только на некоторых примерах экспериментальных задач в курсе VII класса.

В отделе „Теплота“ в этом классе можно решить небольшое количество вычислительных задач, результат решения которых может быть проверен на опыте. Вот пример:

1. „На сколько градусов нагреется 500 *г* воды, если в нее опустить 500 *г* меди, которая остывает в воде от 100° до 20° С?“

Медь, охлаждаясь от 100° до 20°, выделяет следующее количество теплоты: $Q = 0{,}09 \cdot 500 \cdot 80 = 3\,600$ *кал*. Эту теплоту получила вода. Так как при нагревании на 1° С 500 *г* воды должны получить 500 *кал*, то при получении 3600 *кал* данная масса воды нагреется не на один градус, а во столько раз больше, во сколько раз 3600 больше 500, т. е. $t = \frac{3600}{500} = 7{,}2°$.

Решение задачи проверяется опытно следующим образом. В сосуд наливается 500 *г* воды из крана. Когда ее температура будет, примерно, 10 — 12°, в нее опускается медная гиря в 500 *г*, нагретая в парах кипящей воды. Окончательная температура определяется термометром. Незначительное расхождение между показанием термометра и результатом вычисления здесь легко объясняется.

Чтобы учащиеся сознательно выполняли лабораторную работу на определение тепловой отдачи нагревателя, полезно предварительно при разборе теории этого вопроса решить в классе экспериментальную задачу соответствующего содержания.

При изучении расширения воды можно предложить такую задачу-вопрос:

2. „Пустой металлический шар, почти целиком погружаясь в воду, плавает в холодной воде, и если воду нагреть, то он тонет. Как это можно объяснить?“ (Фалеев и Перышкин.)

Содержание задачи не трудно демонстрируется на опыте, так как специально для этой цели имеется почти во всех кабинетах металлический шар в виде поплавка. При решении этой задачи повторяются закон Архимеда и законы плавания тел, что составляет педагогическую ценность этой задачи.

Процесс плавления и затрату теплоты на этот процесс можно уяснить решением таких задач-вопросов экспериментального характера:

3. „На одну и ту же электрическую плитку ставятся по очереди две жестянки: в одну наливается определенное количество воды при температуре 0° С, в другую — положено столько же снега при 0° С. Одинаково ли будет повышаться температура в той и другой жестянке за одно и то же время? Почему?“

Опытная установка задачи ясна из текста задачи. Температура воды до 0° С доводится бросанием в нее снега.

4. „Почему жестянка не распаивается, когда в ней кипит вода, а если ее поставить на огонь без воды, она распаивается?“

Для опытной проверки используется консервная банка. При решении выясняется значение теплоты парообразования воды.

В отделе „Электричество“ в этом классе также могут быть использованы различного рода экспериментальные задачи, примеры которых мы уже приводили выше (стр. 161). Укажем еще некоторые из них.

5. „Изменятся ли показания амперметра, включенного в цепь вместе с реостатом, если его переключить с одной стороны реостата на другую?“

Эту задачу-вопрос необходимо решить при объяснении постоянства силы то-

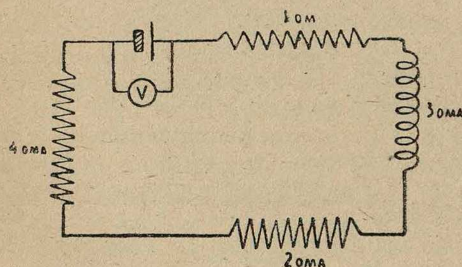


Рис. 40.

ка в электрической цепи. (Опытная демонстрация обязательна.)

6. „Определить силу тока в цепи и напряжение на каждом участке цепи (рис. 40), если вольтметр, включенный к зажимам источника, показывает напряжение в 1,5 V".

7. „Два одинаковых элемента Лекланше соединены положительными полюсами. Все приборы, входящие в цепь, исправны, но амперметр не показывает тока. Почему не идет ток в цепи?" (рис. 41).

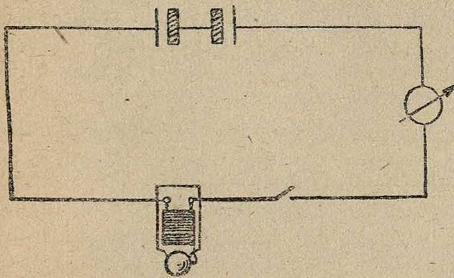


Рис. 41.

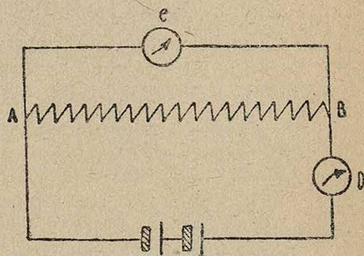


Рис. 42.

Решение такой задачи с демонстрацией приучает учащихся внимательно относиться к составлению электрических цепей.

Для закрепления навыка включения в цепь амперметра и вольтметра полезно решить такие задачи на объяснение схемы, с последующей опытной иллюстрацией этой схемы.

8. „В цепь включены вполне правильно амперметр и вольтметр по схеме рис. 42. На приборе C стрелка остановилась на делении 12, на приборе D — против деления с цифрой 3. Определить: 1) какой из приборов амперметр и какой вольтметр; 2) что измеряет прибор C; 3) что измеряет прибор D; 4) чему равно сопротивление AB?" (Фалеев и Перышкин, № 631.)

9. „Определить, какую силу тока показывает амперметр, включенный в цепь, изображенную на рис. 43".

При решении задачи составляется по данной схеме электрическая цепь и данные задачи заменяются соответствующими данными составленной цепи.

Переходим к старшим классам.

В VIII классе использование всякого рода задач, связанных с экспериментом, является особенно ценным, так как они дают возможность оживить несколько отвлеченный программный материал, конкретизировать и увеличить экспериментом этих задач недостаточное количество демонстраций по некоторым темам. Не останавливаясь на задачах, связанных непосредственно с теми или иными демонстрациями („задачи с экспе-

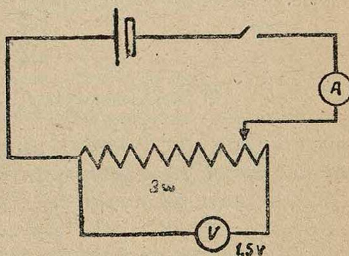


Рис. 43.

риментального стола"), мы приведем здесь некоторые другие виды экспериментальных задач.

1. Вопрос о трении в современной программе изучается в теме „Законы движения Ньютона", но это изучение, как показывают наблюдения, обычно не связывается с темой в целом. При решении по этой теме задач для упрощения в большинстве случаев пренебрегается трение, и таким образом эти задачи являются практически нежизненными. Нам думается, необходимо внести большую конкретность в задачи на различные виды механических движений в связи с действующими силами. Отсюда, решение таких задач, как № 535, 537, 538 из задачника Демидова с некоторым изменением содержания для опытной проверки этого решения, является крайне желательным при прохождении этой темы.

Решение первой из указанных задач дано нами уже выше (стр. 152), здесь же мы покажем, как можно превратить ее в экспериментальную задачу. Для этого следует все числовые данные в условии задачи заменить данными, взятыми из непосредственного измерения, а самый вопрос задачи заменить, например, таким: „Какой путь пройдет этот брусок через 3 сек., если коэффициент трения равен 0,4?". В такой формулировке задача является развитием лабораторной работы „на коэффициент трения" и решается так. Для определения пройденного пути прежде всего надо установить характер движения, для чего сравниваются действующая сила и сила трения, откуда имеем:

$$F_{уск} = F - F_{тр}.$$

Зная силу, сообщающую ускорение, определяем ускорение $\left(a = \frac{F_{уск}}{m_1 + m_2}\right)$, а по нему вычисляем пройденный путь: $s = \frac{at^2}{2}$. После получения численного ответа результат проверяется опытным путем. Если даже отказаться от опытной проверки указанной задачи, то имеет смысл при решении ее хотя бы качественная демонстрация.

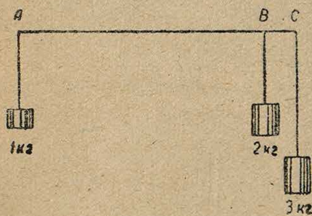


Рис. 44.

2. „К стержню длиною 1 *м* подвешены три гири, как показано на рис. 44. Расстояние $AB = 90$ *см*, $BC = 10$ *см*. Где нужно поместить точку опоры, чтобы стержень оставался в горизонтальном положении? Весом стержня пренебречь". (Демидов, № 378).

Эта задача допускает опытную проверку. Для более точного совпадения опытной проверки с результатом решения, необходимо учесть при решении вес стержня. При решении исходим из следующего положения. Момент веса всего тела по отношению к произвольной точке, принятой за ось вращения, равен алгебраической сумме моментов веса отдельных частей тела по отношению к той же точке.

Напишем высказанное нами положение по отношению к точке хотя бы B.

$$Px = P_3 \cdot BC - P_1 \cdot AB,$$

где x — расстояние центра тяжести от точки B,

$$x = \frac{3 \cdot 10 - 1 \cdot 90}{6}\ см = -\frac{60}{6}\ см = -10\ см,$$

т. е. точка опоры должна находиться влево от точки B на 10 *см*. При учете веса самого стержня (для опытной проверки можно использовать метровую деревянную линейку) точка опоры несколько переместится влево; так, например, при весе стержня в 0,5 *кГ* точка опоры будет находиться от точки B приблизительно на 13 *см*.

3. „Доска длиной 1 *м* и весом 12 *кГ* выдвинута за край стола на $^1/_3$ длины. Какой наименьший груз надо положить на свешивающийся конец доски, чтобы доска давила только на край стола?“ (Демидов, № 379.)

Задача решается сначала в общем виде примерно так: чтобы доска давила только на край стола, необходимо положить на свешивающийся конец груз, уравновешивающий вес доски. Находим этот груз путем расчета. Приняв край стола за ось вращения, имеем: плечо груза $\frac{1}{3}l$, плечо веса доски $\left(\frac{1}{2}l - \frac{1}{3}l\right) = \frac{1}{6}l$ и $P_x \cdot \frac{1}{3}l = P \cdot \frac{1}{6}l$, или $\frac{1}{3}P_x = \frac{1}{6}P$. Откуда: $P_x = \frac{P}{2} = 6\ кГ$.

Для опытной проверки берется вместо доски метровая деревянная линейка, вес которой здесь же определяется. Длинный конец линейки несколько приподнимается, если на короткий конец положить груз, очень мало отличающийся от половины веса линейки, при условии, что свешивающийся конец составляет $\frac{1}{3}$ длины линейки. Изменив условие задачи в таком виде, что свешивающийся конец составляет $\frac{1}{4}$ всей длины, получаем на опыте величину груза, равного весу всей линейки. Вычислением это положение проверяется так:

$$P_x \frac{1}{4} l = P\left(\frac{1}{2}l - \frac{1}{4}l\right) = P\frac{1}{4}l$$

$$\frac{1}{4}P_x = \frac{1}{4}P;\ P_x = P$$

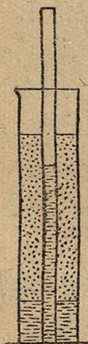


Рис. 45.



Рис. 46.

4. „Пустая колба емкостью в 0,5 *л* наполнена доверху керосином $\left(d = 0,8 \frac{Г}{см^3}\right)$ и пущена плавать по воде. Будет ли она пла-

вать или потонет, если ее вес 450 $Г$? (Уд. вес стекла 2,5 $\frac{Г}{см^3}$, вес пробки в расчет не принимается)".

Эта вычислительная задача также допускает опытную проверку. Решение ее не вызывает никаких особых замечаний и мы его не приводим.

5. „В мензурку налита вода, в которую опущен конец стеклянной трубки. Поверх воды налит в мензурку керосин до высоты 30 *см*. До какой высоты поднимется вода в стеклянной трубке?" (рис. 45).

Вот другого типа экспериментальная задача.

6. „По закону рычага груз Q должен быть в десять раз больше P, так как короткое плечо рычага в 10 раз меньше длинного. Почему же в действительности Q в 50 раз больше P?"

Для рычага лучше всего брать железный прут длиною около одного метра (рис. 46).

„Эта задача дает возможность легко ознакомить учащихся с характерными особенностями материального рычага. Хотя о них сообщается учащимся в соответствующем месте курса, но иногда эти сведения очень поверхностно усваиваются из-за обилия чисто теоретического материала.

Эта задача дает возможность на опыте разъяснить многие вопросы: когда законы, выведенные для невесомого рычага, будут справедливы и для весомого, при каких условиях ошибка в вычислениях уменьшается и когда становится столь малой, что ею можно пренебречь".[1]

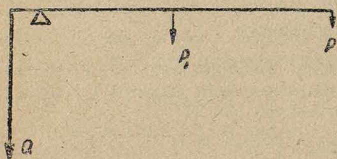


Рис. 47.

Решение этой задачи не вызывает больших трудностей, если представить действующие на рычаг силы (рис. 47) схематически.

Груз Q уравновешивается весом самого рычага P_1 и весом груза P.

Если длина плеч рычага мало отличается друг от друга, то вес самого рычага оказывает малое влияние и отступление от закона невесомого рычага будет малым. При равных плечах вес грузов

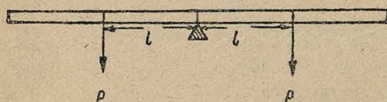


Рис. 48.



Рис. 49.

будет точно согласовываться с законом обратной пропорциональности их плечам, и вес рычага в этом случае никакого влияния не оказывает, так как он уравновешивается реакцией опоры.

7. „Однородный стержень уравновешен, подпертый в середине. Какая часть стержня перетянет, если правую его половину согнуть вдвое?" (рис. 48).

[1] Зибер. Живые задачи по физике. Вып. 1, 1925.

Правильно составленный чертеж (рис. 49) поможет дать ответ на вопрос задачи, а опытную демонстрацию можно показать на куске толстой медной проволоки.

8. „На какую глубину погрузится в воду прямоугольный деревянный брусок?"

Условие равновесия плавающего тела дает следующее соотношение $P = dSh$, где P — вес бруска, d — уд. вес воды, S — площадь основания бруска, h — искомая глубина погружения. Из этого соотношения имеем

$$h = \frac{P}{dS}.$$

Таким образом, для опытной проверки надо определить вес бруска и вычислить площадь его основания. Сделав метку на бруске согласно вычисленной высоте, опускаем его в воду (рис. 50). Опыт подтверждает наши вычисления.

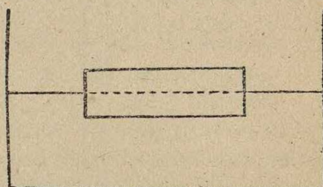


Рис. 50.

В развитие этой задачи можно далее выяснить, что глубина погружения бруска не зависит от его сечения, а только от его уд. веса. $P = dSh$ — вес бруска, $P_1 = d_1Sh_1$ — вес вытесненной воды, $dSh = d_1Sh_1$; $h_1 = \frac{dh}{d_1}$.

На сколько поднимется уровень жидкости в сосуде?

Брусок вытесняет по объему воды Sh_1, которая разливается на площадке $S_1 - S$ (S — площадь отверстия сосуда). Откуда уровень жидкости в сосуде поднимается на $\Delta h = \frac{Sh_1}{S_1 - S}$. Изменение высоты уровня воды также можно проверить на опыте.

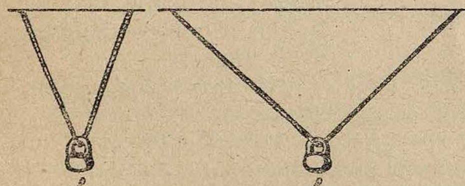


Рис. 51.

На основании решения этой задачи можно далее перейти к решению следующей задачи:

9. „Дан прямоугольный деревянный брусок, чашка с водой и миллиметровая линейка. Определить уд. вес дерева".

Из опыта определяется глубина погружения бруска в воду, измеряется вся высота бруска и на основании выведенного в предыдущей задаче соотношения вычисляется удельный вес бруска $d = \frac{d_1h_1}{h}$, где d_1 — удельный вес воды, h_1 — глубина погружения бруска в воду и h — высота бруска.

Укажем еще ряд задач-вопросов, допускающих теоретическое и опытное решение.

10. „Гиря в 1 *кГ* подвешена на резиновой трубке, концы которой вы держите в руке. Одинаково ли должна растягиваться трубка, если вы будете сближать или раздвигать руки?“ (рис. 51).

Ответ на вопрос задачи можно получить на опыте: резина растягивается сильнее в том случае, когда руки будем раздвигать.

Этот же ответ можно получить и без опыта, путем рассуждений и графического построения. Необходимо отметить, что это решение при самостоятельной работе учащихся очень затрудняет их. Это объясняется тем, что учащиеся упражнялись в таком рассуждении: при неизменной величине составляющих двух сил, действующих под углом, величина равнодействующей при меньшем угле между ними будет больше и наоборот. В задаче же правильный ответ получается путем таких рассуждений: при одной и той же равнодействующей величина составляющих двух сил при большем угле между ними будет больше, чем при меньшем угле. Сделанный чертеж помогает уяснению этого ответа (рис. 52).

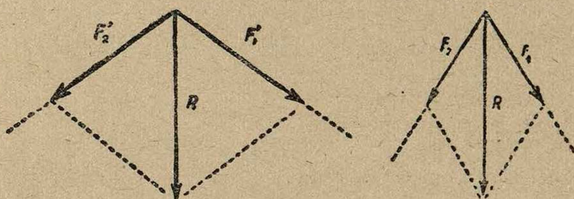


Рис. 52.

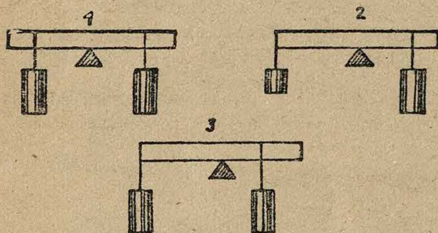


Рис. 53.

Более убедительное опытное решение получается при таком видоизменении условия и опытной установки этой задачи:

„К крючкам двух пружинных весов привязаны бечевки, на которых висит груз *P*. До какого деления растягиваются пружины весов, если весы расположены параллельно друг другу и если весы образуют между собой угол в 120°?“

11. „Имеются три рычага, находящиеся в положении равновесия: на 1-м две совершенно одинаковые гири; на 2-м уравновешены две гири из одинакового материала, причем одна гиря вдвое легче другой; на 3-м уравновешены две гири одинакового объема, но из различных материалов, причем одна гиря вдвое легче другой (рис. 53). Как изменится равновесие рычагов, если их погрузить в воду?“ (Цингер, № 578.)

Эта задача богата физическим содержанием, потому решение ее в классе при прохождении закона Архимеда может представлять большой педагогический интерес. Ответы необходимо

здесь же проверить на опыте. Нам представляется решение задачи в таком виде. Первый случай для учащихся не представляет затруднений. При погружении гирь в воду на них будут действовать одинаковые выталкивающие силы ($V_1 = V_2$), следовательно, рычаг останется в равновесии.

Второй случай не сразу усваивается всеми учащимися. Так как объем второй гири больше объема первой гири, то выталкивающая сила, действующая на нее, будет в два раза больше, чем на первую гирю, зато эта сила будет действовать на плечо в два раза меньше, следовательно, моменты обеих выталкивающих сил будут одинаковы — рычаг остается в равновесии.

В третьем случае на обе гири будут действовать одинаковые выталкивающие силы, но второе плечо в два раза меньше, поэтому вторая гиря опустится.

Полученные ответы, особенно во втором и третьем случае, очень полезно и нетрудно проверить на опыте.

12. „На чашке весов стоят два стакана — один пустой, в другом — вода. Стаканы уравновешены гирями. На столе около весов стоит штатив, на котором на нитке висит гиря так, что она находится внутри пустого стакана, не касаясь ни дна, ни его стенок. Останутся ли весы в равновесии, если перелить воду из одного стакана в другой, внутри которого находится груз?"

Ответ на эту задачу-вопрос дается в таком виде. Чашка со стаканами перевесит, так как гиря будет давить на воду вниз с силой, равной весу вытесненной воды (действие равно противодействию). Ответ становится для учащихся более понятным, когда он подтверждается опытом.

Переходя к IX классу, следует сказать, что и здесь по каждой теме могут быть предложены учащимся задачи, связанные с экспериментом.

Остановимся только на немногих примерах.

Задачи лабораторного типа.

1. „Определить мощность горящей спички".

Для решения задачи некоторые данные необходимо получить путем непосредственных измерений. Сюда относятся: масса спички m, равная в среднем 110 *мг*, время полного сгорания спички, равное приблизительно 20 сек. Калорийность сухого дерева берется из таблицы $q = 3200 \frac{кал}{г}$. Самое решение может быть такое:

1. $N = \frac{W}{t}$;
2. $W = JQ$;
3. $Q = qm$.

Общей формулой для искомой величины будет следующая:

$$N = \frac{Jqm}{t}; \ J \simeq 4{,}2 \frac{дж}{кал}.$$

Подставляя числовые значения входящих в формулу величин, получаем

$$N = \frac{4{,}2 \cdot 3200 \cdot 0{,}11}{20} = 73{,}92 \text{ (ватта)}$$

$$N \simeq 74 \text{ ватта.}$$

Отсюда мощность, развиваемая горящей спичкой, приближается к мощности 75-ваттной электрической лампы.

2. Задача, связанная с лабораторной работой.

Лабораторная работа на определение термического коэффициента упругости газа может сопровождаться решением такой, примерно, задачи:

Определить при помощи установки для лабораторной работы температуру воды (рис. 54). Для этого на опыте определяется упругость воздуха при неизвестной температуре погружением колбочки с воздухом в сосуд с водой неизвестной температуры. Зная значение термического коэффициента упругости и давление воздуха при 0°, вычисляем, какова была температура взятой воды, из следующего соотношения:

$$t^\circ = \frac{h - h_0}{(p + h_0)\beta},$$

где h и h_0 — разность уровней ртути в манометре при искомой температуре и 0°,

p — атмосферное давление во время опыта, отсчитанное по барометру. Вычисленное значение для t° проверяется путем измерения температуры ртутным термометром.

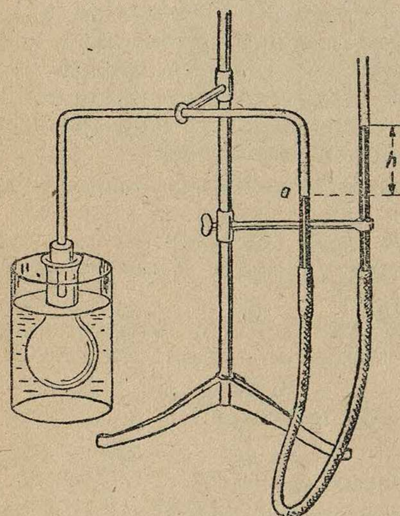


Рис. 54.

3. Расчетная задача, допускающая опытную проверку.

Определить модуль Юнга для резины, если резиновый шнур длиною в 1 *м* и площадью поперечного сечения $S = 10$ *мм*² при нагрузке $P = 10$ *Г* удлинился на $\Delta l = 1$ *см* (Демидов, № 88).

Решения задачи не приводим.

4. Задача-вопрос такого, например, содержания.

„Две колбы с воздухом в 100 *см*³ и 200 *см*³ закупорены при 0° и нагреваются в парах кипящей воды. Будут ли в этих колбах давления разные или одинаковые после нагревания?“

В курсе X класса особенно широко могут быть поставлены лабораторные работы в форме экспериментальных задач. Не останавливаясь на этом вопросе, укажем только несколько примеров других видов экспериментальных задач, которые могут быть использованы в этом классе.

1. Вычислительная задача, решение которой можно проверить опытом или сопровождать соответствующей демонстрацией, или при изменении условия можно ставить как задачу лабораторного типа.

„Определить электродвижущую силу элемента и его внутреннее сопротивление, если при замыкании его проводником с сопротивлением R_1 он дает ток силою I_1; если же его замкнуть проводником с сопротивлением R_2, то получается ток силой I_2". (См. задачу № 714, Демидов).

Решая эту задачу в классе, необходимо включить в цепь в обоих случаях известное сопротивление и измерить силу тока при помощи амперметра. После получения этих данных производится решение задачи в таком виде:

$$E = I_1R_1 + I_1r \qquad (1)$$

$$E = I_2R_2 + I_2r \qquad (2)$$

откуда $I_1R_1 + I_1r = I_2R_2 + I_2r$

или $r = \frac{I_1R_1 - I_2R_2}{I_2 - I_1}$.

Вычисляя значение для r и подставляя его в первое или второе уравнение, находим значение для E. При помощи вольтметра с большим внутренним сопротивлением можно проверить последний результат, непосредственно измерив вольтметром электродвижущую силу элемента. Искомые величины в этой задаче могут быть определены и таким способом:

„Два одинаковых элемента, соединенных последовательно на внешнее сопротивление в 1 ом, дали ток силою 2 А. Те же элементы, соединенные параллельно, дали ток силою 1,6 А. Найти электродвижущую силу и внутреннее сопротивление каждого элемента". (Демидов № 755).

При опытной проверке этой задачи сила тока в обоих случаях измеряется непосредственно и после вычисления искомых величин в цепь включается другое известное сопротивление, вычисляется новая сила тока и результат проверяется на опыте.

Решение данной задачи в общем виде может быть такое:

$$2E = I_1R + 2rI_1$$

$$E = I_2R + 0.5rI_2.$$

Разделив первое уравнение на второе, получаем

$$2 = \frac{I_1R + 2rI_1}{I_2R + 0{,}5rI_2}; \quad 2I_2R + rI_2 = I_1R + 2I_1r$$

$$r = \frac{2I_2R - I_1R}{2I_1 - I_2}$$

$$r = \frac{3.2 - 2}{4 - 1{,}6} = \frac{1.2}{2{,}4} = 0{,}5 \text{ ом}$$

$$r = 0{,}5 \text{ ом}; \quad E = 1{,}6 + 0{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}6 = 2\,(V)$$

$$E = 2\,V.$$

2. Задачи на составление и объяснение схем.

„Как следует присоединить провода от элемента к звонку, чтобы каждое замыкание цепи вызывало только один удар молоточка о чашку звонка?“ Или

„Как нужно включить в звонковую цепь кнопку для того, чтобы ее действие было обратно обычному, т. е. нажатие кнопки прекращало бы звон, а не нажатие вызывало бы его?“

3. Задачи-вопросы такого, примерно, содержания.

„Что изменяется на данном участке цепи, если включенный последовательно с ним амперметр показывает увеличение силы тока вдвое?“

„Что изменилось на данном участке цепи, если включенный параллельно ему вольтметр показывает уменьшение напряжения вдвое?“

„Как будет изменяться напряжение на зажимах источника, если постепенно включать все большее и большее сопротивление из магазина сопротивления?“

Эти вопросы чрезвычайно помогают сознательному усвоению учащимися соотношений между основными величинами, характеризующими электрический ток, конкретизации этих величин. Теоретический разбор этих вопросов с последующей проверкой опытом помогает закреплению знания закона Ома для участка и для всей цепи.

Опытную проверку этих задач-вопросов можно осуществить составлением обычной электрической цепи с магазином сопротивления, с тем или иным приемником, с амперметром и вольтметром.

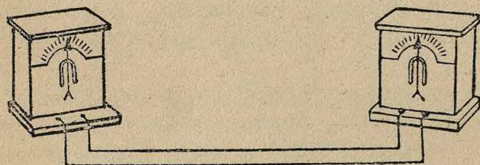


Рис. 55.

„Как определить, какой из двух брусков — магнит, и какой — нет, не пользуясь ничем, кроме самих брусков?“

Опытное решение этой задачи производится таким путем:

Конец одного бруска прикладывается к середине другого бруска и если при этом обнаруживается притяжение, то прикладываемый брусок магнит.

„Если два универсальных гальванометра с подвижной обмоткой соединить проводами и раскачивать стрелку одного из них, то что произойдет со стрелкой другого гальванометра и почему?“ (рис. 55).

При раскачивании стрелки, например, левого гальванометра, в его обмотке возникает индукционный ток, который заставит отклониться стрелку правого гальванометра. Опыт подтверждает это. (Этот вопрос может быть без всякого изменения предложен учащимся VII класса.)

Мы привели здесь некоторый далеко не полный и не вполне систематизированный материал по вопросу подбора, использования и решения экспериментальных задач (методика этого большого вопроса требует самостоятельного детального исследования) лишь потому, что считаем этот вопрос чрезвычайно важным и актуальным.

Привлечение эксперимента к решению задач по физике не только внесет живую струю в этот вид работы, возбудит у учащихся интерес к ней, но и поможет преподавателю в его трудной борьбе за сознательное усвоение основ физики, так как „видеть — значит понять".

ГЛАВА XIII

ОТДЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С РЕШЕНИЕМ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

При решении отдельных задач по физике на практике встречается очень много таких вопросов, которые имеют значение при решении именно данного типа задач или даже данной конкретной задачи. На некоторых из этих вопросов мы и остановимся.

Начнем хотя бы с упрощения физических процессов в условиях многих задач, причем об этом часто совсем не упоминается в самом условии задачи. Так, например, в задачах по механике не учитывается сопротивление воздуха, во многих случаях пренебрегается трение; при решении задач на простейшие механизмы не принимается во внимание коэффициент полезного действия; не всегда учитывается в калориметрических задачах нагревание сосуда, к. п. д. нагревателя; в задачах на законы электрического тока часто не принимается в расчет внутреннее сопротивление источника тока, потери напряжения в подводящих проводах и т. п.

Против такого упрощения нельзя по существу возражать, так как оно вызывается или сложностью самого физического процесса, недоступного во всем комплексе пониманию учащихся, или теми целями, которые преследуются при решении той или иной задачи. Во всяком случае при решении подобного рода задач необходимо, чтобы у учащихся не создавались неверные представления о физических процессах, происходящих в окружающей действительности. Для этого следует постоянно обращать внимание учащихся на те упрощения, которые допущены в условии той или иной задачи, и указывать их причину. В качестве примера таких задач разберем следующую комбинированную задачу:

„Летчик весом 78,4 *кГ* выбросился с самолета. Пролетев 120 *м*, он раскрыл парашют. В течение 5 сек. парашют уменьшил скорость падающего летчика до 4,5 $\frac{м}{сек}$. Определить наибольшую силу натяжения тросов, на которых летчик был подвешен к парашюту". (Демидов, № 531.)

Эта задача может быть предложена в VIII классе после достаточного упражнения в решении простых задач на законы Нью-

тона, только не для самостоятельного решения учащихся, а для коллективного решения в классе. Для ее решения необходимо сделать такие два допущения (упрощения): за время падения летчика до раскрытия парашюта сопротивление воздуха не учитывается, т. е. оно принимается равным нулю, а после раскрытия парашюта это сопротивление принимается за постоянное. Об этом нет никакого указания в условии задачи, но на этом нельзя не остановиться при анализе задачи. Далее, решению этой задачи полезно предпослать теоретический разбор сил, действующих в различных случаях вверх и вниз при вертикальном движении тел.

Здесь могут быть установлены следующие положения:

1. При равномерном движении вверх и вниз без учета сопротивления воздуха действующая сила равна весу тела

$$F = P.$$

2. При равномерно-ускоренном движении вертикально вверх затраченная сила преодолевает сопротивление силы тяжести и сообщает ускорение

$$F = P + F_{уск.}$$

3. При равномерно-ускоренном движении вертикально вниз действующая на тело сила уравновешивает только часть веса тела, другая часть веса сообщает телу ускорение, т. е. действующая на тело вертикально вверх сила меньше веса тела на величину силы, сообщающей телу ускорение

$$F = P - F_{уск}.$$

Установленные положения закрепляются решением соответствующих простых задач и вопросов и после этого только можно перейти к решению рассматриваемой нами задачи.

Решение данной задачи на практике вызывает большие трудности, поэтому мы приводим его здесь.

В предварительном анализе выясняем, что 120 *м* летчик совершал свободное падение, а дальше в течение 5 сек. его движение было равномерно-замедленное, так как сила торможения, направленная вертикально вверх, больше силы тяжести. Этому выяснению помогает простой чертеж в виде вертикальной линии (рис. 56).

Рис. 56.

На этом чертеже точка A — начало падения летчика, точка B — положение его в момент раскрытия парашюта и точка C — положение летчика через 5 сек. после раскрытия парашюта. Выяснив все это, записывается кратко условие в таком виде:

Летчик выбрасывается из самолета:

$$P = 78{,}4 \ кГ$$
$$AB = h = 120 \ м$$
$$v_c = 4{,}5 \ \frac{м}{сек}$$
$$t = 5 \ сек.$$
$$g = 9{,}8 \ \frac{м}{сек^2}$$
$$F_{нат} = ?$$

Переходим теперь к решению. Наибольшая сила натяжения тросов, на которых был подвешен летчик к парашюту, равна весу летчика P плюс „сила инерции", равная, но противоположно направленная силе торможения. Отсюда при аналитическом способе решения этой задачи исходной формулой будет следующая:

$$F_{нат} = P + F_1 = mg + ma = m(g + a)$$

$$F_{нат} = m(g + a). \quad (1)$$

Таким образом, для решения задачи необходимо знать только массу летчика и отрицательное ускорение, с которым он будет двигаться после раскрытия парашюта. Зная вес летчика, мы в системе MKS выражаем массу его через отношение веса к ускорению силы тяжести, т. е.

$$m = \frac{P}{g}. \quad (2)$$

Отрицательное ускорение движения найдем из основной формулы равномерно-переменного движения

$$a = \frac{v_B - v_C}{t}. \quad (3)$$

Наконец скорость в точке B определяем тоже из основного уравнения свободного падения тел

$$v_B = \sqrt{2gh}. \quad (4)$$

На этом кончается решение задачи в общем виде. Приступаем к вычислениям, которые здесь не представляют особой трудности.

1. $v_B = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 120} = 14 \cdot 2\sqrt{3} \simeq 48{,}4 \frac{м}{сек}$

2. $a = -\frac{48{,}4 - 4{,}5}{5} \simeq -8{,}8 \frac{м}{сек^2}$

3. $m = \frac{78{,}4}{9{,}8} = 8$ т. е. м.

4. $F_{нат} = 8(9{,}8 + 8{,}8)\, кГ \simeq 148{,}8\, кГ$

Ответ: $F_{нат} = 148{,}8\, кГ$.

Уместно здесь отметить, что некоторые упрощения являются причиной ошибочных ответов при решении задач, причем эти ошибочные ответы считаются „узаконенными" в курсе средней школы.

Приведем для иллюстрации этого только один пример.

„Из точки A, находящейся на высоте h над горизонтальной плоскостью, движутся два шара: один скатывается по наклону AC, другой падает свободно по отвесной линии AB (рис. 57). Который из шаров в конце пути будет обладать большей поступательной скоростью?"

При решении этой задачи в средней школе обычно допускается существенная ошибка, когда принимают поступательную скорость

обоих шаров одинаковой. Это объясняется тем, что при решении не принимается во внимание вращательное движение скатывающегося шара. Чтобы показать влияние этого обстоятельства, приводим решение этой задачи.

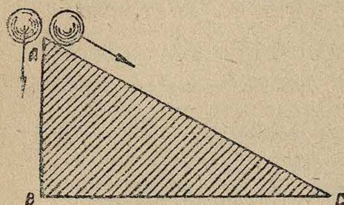


Рис. 57.

Исходя из закона сохранения энергии, имеем для отвесно подающего шара:

$$Ph = \frac{mv^2}{2} \quad \text{или} \quad mgh = \frac{mv^2}{2}.$$

Откуда получаем для скорости этого шара в конце пути следующее известное соотношение:

$$v = \sqrt{2gh}.$$

Для шара, скатывающегося по наклонной плоскости, энергия поступательного движения и вращательного может быть выражена так:

$$E_{\text{пост}} = \frac{mv_1^2}{2}, \; E_{\text{вр}} = \frac{J\omega^2}{2}.$$

где J — момент инерции шара и ω — его угловая скорость.

Следовательно, $mgh = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$.

Заменяя в этом уравнении J через его значение для однородного шара относительно оси вращения, проходящей через центр, равное $\frac{2}{5}mr^2$ и угловую скорость через поступательную $\frac{v_1}{r}$, получаем:

$$mgh = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{5}.$$

Откуда $gh = 0{,}7\, v_1^2$.

Следовательно, $v_1 = \sqrt{\frac{gh}{0{,}7}} = \sqrt{2gh}\sqrt{\frac{5}{7}} = 0{,}84\sqrt{2gh}$.

Сравнивая эту скорость со скоростью при отвесном падении с той же высоты, видим, что она меньше, примерно, на 16%. Поэтому, приравнивая эти скорости друг другу, мы допускаем ошибку больше технически возможной, следовательно, этого делать нельзя.

Остановимся далее на таких задачах, в условии которых встречаются величины, не имеющие стандартного обозначения. Мы имеем в виду такие величины, которые являются характеристиками процесса или явления, описываемого в условии только данной задачи, своего рода константами этого процесса или явления. Сюда можно отнести целый ряд величин, например, расход воды водяного потока, выраженный в $м^3$ в секунду или минуту; расход топлива на одну лошадиную силу в час, сопротивление проволоки на единицу длины и т. д. При решении задач с такими величинами учащиеся прежде всего затрудняются в буквенном обозна-

чении этих величин, не вдумываются в их наименование, и благодаря всему этому создается большая неясность, затруднение при самом решении. Чтобы не вводить особого обозначения для каждой из таких величин, нам кажется целесообразным обозначать их буквой „$к$" и писать обязательно соответствующее наименование, например: $\frac{м^3}{сек}$, $\frac{кг}{л.с.}$, $\frac{ом}{м}$ и т. п. Соответствующее наименование при этих величинах уяснит и подскажет правильное решение всей задачи.

В качестве примера возьмем следующую задачу из курса IX класса.

„На сколько времени горения водородного пламени хватит водородной бомбы емкостью в 10 *л*, накачанной до 200 атмосфер при 0°, если горелка потребляет 10 *г* водорода в час?" (Демидов, № 345).

Задача по своему содержанию, казалось бы, не должна вызывать при решении особых трудностей, а между тем на практике учащиеся IX класса часто не умеют подойти к ее решению.

Приводим это решение без всяких объяснений.

Водородная бомба:

$$V = 10\ л$$

$$p = 200\ ат$$

$$t^\circ = 0^\circ$$

$$D_0 = 0{,}09\ \frac{г}{л}$$

$$P_0 = 1\ ат$$

$$к = 10\ \frac{г}{час}$$

$t = ?$ (время горения водорода)

$$t = \frac{m}{к} \qquad t = \frac{D_0 p V}{p_0 к}$$

$m = \frac{D_0 p V}{p_0}$, где m — масса водорода, $t = \frac{0{,}09 \cdot 200 \cdot 10}{1 \cdot 10}$ час $= 18$ час.

$$\underline{t = 18\ \text{часов.}}$$

Возьмем еще пример из курса X класса.

„Электропечь должна давать 24 *ккал* теплоты за 10 мин. Для ее изготовления имеется проволока с сопротивлением 2 ома на метр длины. Какова должна быть длина проволоки, если печь предназначается для напряжения 30 V?"

Эта задача по существу является простой „производственной" задачей на законы постоянного тока; в то же время на практике многие учащиеся затрудняются в решении ее из-за указанной выше причины: они привыкли определять длину по уд. сопротивлению проводника и его сечению, а здесь вместо этого дано сопротивление на единицу длины проводника.

Приводим решение этой задачи без подробного объяснения.

Краткая запись условия может быть дана здесь в таком виде:
Электрическая печь:

$U = 30$ V

$t = 10$ мин. $= 600$ сек.

$Q = 24$ *ккал* $= 24000$ *кал*

$к = 2 \frac{ом}{м}$

$l = ?$

Длину проволоки можно найти, зная сопротивление печи:

$$l = \frac{R}{к}.$$

Сопротивление же печи входит в формулу закона Джоуля-Ленца:

$$Q = 0{,}24 \frac{U^2}{R} t,$$

откуда

$$R = \frac{0{,}24\, U^2 t}{Q}; \quad l = \frac{0{,}24\, U^2 t}{Qk}.$$

Подставляя численное значение входящих в последнюю формулу величин, получаем:

$$l = \frac{0{,}24 \cdot 900 \cdot 600}{2 \cdot 24000} м = 2{,}7 \; м$$

Ответ: $l = 2{,}7$ *м*.

Особое замечание нужно сделать также о решении таких вычислительных задач, ответ на вопрос которых должен или отрицать или утверждать известное положение, например: „Расплавится ли пуля при ударе с известной скоростью о мишень?“, „Въедет ли велосипедист на гору?“, „Растает ли известное количество льда?“, „Верно ли показание амперметра?“, „Разорвется ли проволока?“ и т. п.

При решении этих задач учащиеся в массе обычно не понимают самой формулировки вопроса; они привыкли решать такие вычислительные задачи, у которых требуется определить значение той или иной величины. Преподаватель должен помочь учащимся уяснить как вопрос задачи, так и весь физический смысл ее.

В качестве иллюстрации сказанного приводим следующую задачу:

„Велосипедист, развив скорость 54 $\frac{км}{час}$, пытается въехать на подъем длиной 50 *м* и высотой 10 *м* с разгона (не работая во время подъема педалями). Коэффициент трения велосипеда о землю 0,02. Въедет ли велосипедист на подъем при данной начальной скорости?“ (Демидов, № 567). При разборе условия задачи, для ее конкретизации и уяснения смысла вопроса на практике может оказать известную помощь даже такой прием, который нам приходилось наблюдать. Учащимся предлагаются,

примерно, такие вопросы, не имеющие непосредственного отношения к вопросу задачи. „Могу ли я купить в данное время меховую шубу?“ Неожиданность вопроса поражает учащихся, и они не знают, что отвечать. Однако следующий вопрос выводит их из затруднения. „Что для этого вы должны знать?“ — „Стоимость шубы и наличие моих денег“. Оказывается этой аналогии достаточно, чтобы вопрос данной задачи сделался ясным учащимся и чтобы они могли ответить следующее: для решения задачи необходимо знать кинетическую энергию велосипедиста перед началом подъема и ту работу, которая необходима для поднятия на гору.

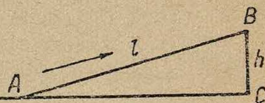


Рис. 58.

Приводим решение этой задачи.

Пишем краткую запись условия:

Велосипедист пытается въехать на подъем (рис. 58).

$v = 54 \frac{км}{час}$

$AB = l = 50\ м$

$BC = h = 10\ м$

$f = 0{,}02$

Въедет ли он на гору?

Ответ будет утвердительный, если кинетическая энергия велосипедиста будет больше или равна работе, необходимой для подъема на гору, т. е.

$$E \geq W.$$

Находим кинетическую энергию

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{Pv^2}{2g}. \qquad (1)$$

Работа подъема равна увеличению запаса потенциальной энергии велосипедиста плюс работа, идущая на преодоление трения, т. е.

$$W = Ph + fPl = P(h + fl) \qquad (2)$$

Так как вес велосипедиста нам неизвестен, а из формул (1) и (2) кинетическая энергия и работа пропорциональны ему, то соотношение между кинетической и потенциальной энергией не изменится, если вес приравнять к единице, например, одному килограмму.

Тогда кинетическая энергия для 1 *кГ* веса будет численно равна $\frac{v^2}{2g}$, а работа $h + fl$.

Определяя численное значение этих выражений, получаем:

$$1)\ \frac{1 \cdot 225}{20}\ кГм = 11{,}25\ кГм.$$

$$2)\ 1 \cdot (10 + 0{,}02 \cdot 50) = 11\ кГм.$$

Следовательно, $E > W$: велосипедист въедет на гору, так как его кинетическая энергия больше той энергии, которая необходима для подъема на гору.

Такого же типа задача № 572 (задачник Демидова), которую можно предложить в IX классе, как комбинированную задачу, при изучении плавления тел.

Простейшим типом такой задачи будет в VI классе следующая:

„Канат может выдержать груз в 200 *кГ*. Можно ли на таком канате поднять стальную болванку объемом в 0,5 *м*^{3}?"

Остановимся теперь еще на следующем существенном вопросе.

При решении задач по механике, как показывают наблюдения, мало на практике используется закон сохранения энергии, а между тем применение его дает во многих случаях наиболее простое и доходчивое до сознания учащихся решение даже часто трудных задач.

Покажем это на примерах.

1. „Салазки весом 50 *кГ*, скатываясь с горки высотой 10 *м*, проходят путь 50 *м* и приобретают скорость 10 $\frac{м}{сек}$. Найти среднюю силу трения (в *кГ*) при скатывании салазок".

Краткая запись условия может быть такая:

Салазки скатываются с горы:

$P = 50$ *кГ*

$h = 10$ *м*

$s = 50$ *м*

$v_0 = 0$

$v = 10 \frac{м}{сек}$

$F_{тр} = ?$

Работа силы трения на расстоянии 50 *м* равна разности между запасом потенциальной энергии салазок в верхней точке и кинетической энергии при скорости в 10 $\frac{м}{сек}$. Откуда готовая формула для решения задачи будет следующая:

$$F_{тр} \cdot s = Ph - \frac{mv^2}{2}.$$

В этой формуле все величины, кроме массы, даны в условии

$$m = \frac{P}{g} = 5 \text{ т. е. м.}$$

Находим численное значение искомой величины

$$F_{тр} = \frac{50 \cdot 10 \cdot 2 - 5 \cdot 100}{2 \cdot 50} \, кГ = 5 \, кГ$$

$$F_{тр} = 5 \, кГ.$$

Вот пример более сложной задачи:

„Мотор самолета, весящего 1 *Т*, выключается во время горизонтального полета со скоростью 50 $\frac{м}{сек}$ на высоте 1200 *м*. Самолет

делает планирующий спуск и затем катится по земле со скоростью 24 $\frac{м}{сек}$. Определить среднее сопротивление воздуха при спуске, принимая длину последнего 8 *км*". (Сондерс.)

Как и в предыдущей задаче, применим закон сохранения энергии; работа на преодоление сопротивления воздуха при спуске самолета равна разности между запасом механической энергии на данной высоте и в момент спуска на землю.

Откуда мы имеем такую формулу для решения этой задачи:

$$F_{сопр} \cdot s = Ph + \frac{Pv_1^2}{2g} - \frac{Pv_2^2}{2g}.$$

Физический смысл отдельных элементов этой формулы следующий: $F_{сопр} \cdot s$ — работа средней силы сопротивления воздуха на расстоянии, равным длине спуска самолета; Ph — потенциальная энергия самолета на высоте, соответствующей началу спуска; $\frac{Pv_1^2}{2g}$ — запас кинетической энергии самолета при начале спуска и, наконец, последний член формулы — $\frac{Pv_2^2}{2g}$ — кинетическая энергия самолета в момент спуска на землю.

Опуская вычисления в данной задаче, остановимся еще на таком примере:

„Велосипедист едет по горизонтальному пути. Какую наименьшую скорость он должен развить, чтобы с разгону сделать мертвую петлю радиусом 2 *м*? Принять $g = 10 \frac{м}{сек^2}$". (Демидов, № 598.)

Повторяя те же рассуждения, что и при решении двух предыдущих задач, мы при решении этой задачи имеем:

Кинетическая энергия велосипедиста при въезде на мертвую петлю должна быть равна общему запасу механической энергии в верхней точке петли, т. е.

$$\frac{Pv_1^2}{2g} = Ph + \frac{Pv_2^2}{2g}.$$

Откуда, деля все члены этого уравнения на P, получаем $\frac{v_1^2}{2g} = h + \frac{v_2^2}{2g}$ или $v_1^2 = 2gh + v_2^2$, где v_1 — искомая скорость, h — высота подъема, равная $2R$, и v_2 — скорость в верхней точке петли, которая при условии задачи должна удовлетворять $v_1^2 \geqslant gR$.

Подставляя значения всех величин в предыдущее равенство, получаем:

$$v_1^2 = 4gR + gR = 5gR$$

$$v_1 = \sqrt{5gR}$$

$$v_1 = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 2} = 10 \frac{м}{сек}$$

$$v_1 = 10 \frac{м}{сек}.$$

Физический смысл такой задачи из курса IX класса так же проще всего уясняется применением вышеуказанного основного закона физики:

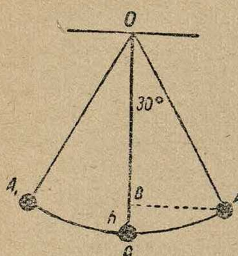


Рис. 59.

„Определить скорость маятника длиною в 2 *м* при прохождении им положения равновесия, если он был отведен на 30°". (Демидов, № 634.)

Приводим решение в общем виде.

Потенциальная энергия маятника при отведении его на 30° равна его кинетической энергии при прохождении им положения равновесия, т. е. $\frac{mv^2}{2} = mgh$; где v — искомая скорость, а h — расстояние по вертикальному направлению от точки равновесия до высшей точки отклонения маятника A (рис. 59)

$$v^2 = 2\,gh,\ h = BC = OC - OB = l - l\cos 30° = l(1 - \cos 30°)$$

$$v^2 = 2\,gl(1 - \cos 30°).$$

Тогда

$$v = \sqrt{2\,gl(1 - \cos 30°)}$$

Ответ: $v \approx 230 \frac{см}{сек}$.

Применяя закон сохранения энергии, получаем самое простое решение задачи на „мертвую" петлю (см. стр. 159), которое мы здесь и приводим (рис. 60).

Рассуждения здесь будут следующие. Потенциальная энергия шарика в верхней точке спуска A будет равна сумме потенциальной и кинетической энергии шарика в верхней точке петли B, что можно выразить таким равенством (энергия вращения не учитывается):

$$PH = Ph + \frac{Pv_B^2}{2g},$$

откуда имеем

$$H = 2R + \frac{v_B^2}{2g}.$$

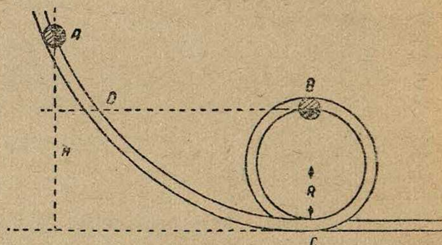


Рис. 60

В этом уравнении v_B^2 можно заменить произведением gR, исходя из следующих рассуждений: шарик не оторвется от петли в верхней точке в том случае, когда центростремительная сила будет больше или равна его весу, т. е. центростремительное ускорение должно быть не меньше ускорения силы тяжести:

$$\frac{v_B^2}{R} \geqslant g \text{ или } v_B^2 \geqslant gR.$$

Подставляя значение v_B^2 в уравнение искомой величины, получаем: $H = 2R + \frac{R}{2} = \frac{5R}{2}$

$$H = \frac{50}{2} = 25\ см;\ H = 25\ см$$

Мы остановились на последних примерах с тою целью, чтобы показать, что хотя многие задачи по физике можно решать различными способами, все же надо стремиться выбирать такой способ, при котором проще объясняется физическая сущность задачи.

ГЛАВА XIV

НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ И ТРЕБОВАНИЯ

Подводя итоги всему вышесказанному, мы должны прежде всего сказать еще раз, что в общем педагогическом процессе решение задач по физике в средней школе должно занимать видное место, и на эту форму работы преподаватель должен отвести достаточное количество времени. Основным моментом при решении физических задач должно быть всегда выяснение физического смысла задачи и тех физических закономерностей, которым подчиняется физическое явление, описываемое в задаче.

Выбор задач должен определяться поставленной целью и наличием у учащихся соответствующих знаний и навыков.

В VI и VII классах необходимо решать только простые задачи, в старших же классах могут быть задачи самой разнообразной степени трудности с непременным условием в каждом отдельном случае постепенного перехода от простых задач к более сложным.

Основным способом решения задач в первом концентре является арифметический, а во втором концентре — алгебраический. Кроме этих способов, во всех возможных случаях надо применять и другие имеющиеся способы.

Решение задач необходимо сопровождать рисунками, чертежами, схемами, графиками, демонстрациями и другими приемами, способствующими уяснению содержания задач.

При вычислениях можно и следует пользоваться, по мере надобности, способами или приемами сокращенного умножения, деления, устным счетом, правилами действий с приближенными числами.

Перейдем теперь к тем требованиям, которые необходимо неуклонно предъявлять к учащимся при решении задач по физике. Эти требования будут также представлять некоторый итог того, что уже по различным поводам сказано выше. Теперь только необходимо их еще раз подчеркнуть и кратко формулировать.

1. При решении всех задач после предварительного разбора условия учащиеся должны дать краткую запись его в принятом буквенном обозначении, сопровождая числовое значение величин соответствующими наименованиями.

2. Наименование всех величин строго выражать в одной и той же системе.

3. Прежде чем приступить к решению, а иногда прежде чем давать краткую запись, учащиеся должны сделать необходимый для решения задачи графически грамотный схематический чертеж, рисунок, схему, график.

4. При решении сложных задач учащиеся должны уметь расчленить их на отдельные простые задачи, указать в каждой из них основную закономерность, объяснить каждую написанную формулу.

5. Все решение учащиеся должны располагать четко и в определенном порядке, производя нумерацию соответствующих формул.

6. При решении сложных (многоформульных) задач учащиеся должны уметь произвести решение сначала в общем виде, т. е. на буквах, а потом уже приступить к вычислениям, т. е. вычисления должно отделять от общего решения.

7. Не вводя наименования в вычисления, учащиеся должны всегда писать соответствующее наименование в сокращенном стандартном обозначении в отдельных результатах и в окончательном ответе.

8. Учащиеся должны научиться видеть в задаче и в отдельных частях ее решения физический смысл, для чего при решении необходимо вести постоянную борьбу с формальным подходом к решению, подыскиванием формул без соответствующего понимания физического смысла.

9. В каждом отдельном случае учащиеся должны уметь сделать возможное „округление“ числовых данных и сделать оценку степени точности результата.

10. Решение задач учащиеся должны производить в тетрадях, а не на отдельных лоскутках бумаги; эти тетради должны вестись в определенном порядке и время от времени обязательно просматриваться преподавателем.

Приведенные здесь требования к учащимся в основном совпадают с памяткой при решении задач, предложенной Научно-исследовательским институтом политехнического обучения, которую мы здесь приводим полностью.

Правила при решении физических задач:

1. Очень внимательно, не менее 2 раз, прочти условие задачи.

2. Точно уясни, что требуется узнать в данной задаче.

3. Выясни также, что дано в условии задачи.

4. Выпиши налево данные с их обозначениями и наименованиями, а также величины, которые требуется найти.

5. Вспомни определение этих величин, зависимость между ними и данными, напиши формулы, выражающие эти зависимости.

6. Если искомая величина не сразу определяется через данные величины, а путем ряда вычислений, то всегда ставь перед собой вопрос, что и зачем ты узнаешь.

7. Прежде чем приступить к вычислениям, продумай план решения задачи по отдельным вопросам и затем запиши его на левой стороне страницы, в виде формул и равенств.

8. После этого приступай к вычислению каждого ответа на вопрос на правой стороне страницы.

9. Сразу решай задачу начисто, не прибегая к черновикам.

10. В задачах иногда разные величины даны в разнородных единицах, необходимо твердо помнить, что при вычислении нужно всегда разнородные единицы приводить к однородным. Например: если дано расстояние в километрах, время в часах, требуется найти скорость в $\frac{м}{сек}$, то надо расстояние перевести в метры, а время в секунды, и тогда скорость получим в $\frac{м}{сек}$.

11. Не забывай ставить наименование величины, полученной в ответе (как в конечном, так и в промежуточном).

12. Всегда старайся оценить правдоподобность полученного ответа: например, если при определении скорости пешехода получается ответ $v = 100 \frac{км}{час}$, то ясно, что ответ неправдоподобен. В этих случаях надо проверить — или решение неверно или условие не соответствует действительности.

Научить учащихся производить анализ решаемой задачи, четко раскрывать ее физическую сущность, решать не формально, а со смыслом, — дело не легкое. Однако систематическая работа в этом направлении, использование всех педагогических приемов помогут заинтересовать учащихся этой формой работы и помочь им преодолеть эту трудность.

Ясность цели, твердость и непреклонность воли в ее осуществлении помогут в этом вопросе добиться желаемых результатов, добиться того, что задачи в курсе физики будут ценнейшим приемом педагогического процесса, помогающим сознательному усвоению курса, — и тогда не придется жалеть время, потраченное на это дело. Преподаватель всегда должен четко представлять себе цель решения той или иной задачи.

В процессе самого решения преподаватель должен внимательно следить за работой всего класса, оказывать помощь отстающим, поощрять активность учащихся.

Как уже отмечалось, преподаватель при коллективном решении задач должен быть чрезвычайно внимательным, обладать находчивостью, быстрой ориентировкой.

Само собою разумеется, что содержание решаемых задач, их способы решения не должны вызывать никаких сомнений у самого преподавателя. Для этого он должен тщательно подбирать задачи, изучать всесторонне способы их решения, выбирая в каждом отдельном случае наиболее подходящий способ.

Далее, самые вычисления также не должны затруднять преподавателя при решении задач. Сам преподаватель должен владеть приемами устного счета, уметь оценить в каждом отдельном случае степень точности результата.

Все это, конечно, заставляет преподавателя вести над собой систематическую и упорную работу.

Остановимся в нескольких словах на тех требованиях, которым должен, с нашей точки зрения, удовлетворять задачник по физике.

1. Расположение задач по отделам должно соответствовать программному расположению курса физики.

2. В каждом отделе должны быть представлены задачи всех указанных в данной книге типов, начиная с задач-вопросов, экспериментальных задач и кончая задачами в общем виде и задачами исследовательского характера.

3. По своему содержанию задачи должны быть конкретны и базироваться в основном на материале из окружающей жизни, природы, техники и обороны страны.

4. В задачнике должны быть представлены все отделы курса физики, причем в тех отделах, где по характеру программного материала или по недостаточному развитию теоретических вопросов в средней школе не могут быть даны вычислительные задачи, должны быть в достаточном количестве представлены задачи-вопросы, задачи-схемы.

5. Расположение задач в каждом отделе должно удовлетворять основному педагогическому требованию: задачи должны быть расположены в порядке возрастающей трудности.

6. Желательно выделять в каждом отделе более сложные задачи и в конце отдела приводить достаточное количество контрольных задач.

7. В задачнике должен быть большой справочный отдел, в который необходимо включить не только таблицы физических констант, но и справочный материал по современной производственной и военной технике, на основании которого как сам преподаватель, так и учащиеся могли бы составлять задачи. Кроме того, в этот отдел может быть включен небольшой словарь физических терминов, исторические даты главнейших моментов в развитии физики, образцы основных графиков, чертежей, рисунков.

8. В задачнике должна быть строго выдержанная терминология, стандартные обозначения величин и наименований их единиц.

В заключение остановимся на тех практических навыках, которые можно развить у учащихся при решении задач по физике. Эти навыки будут в основном следующие:

1. При решении задач конкретизируется теоретический материал и тем самым изживается основной недостаток преподавания — отрыв теории от практики.

2. При решении задач учащиеся приобретают навык пользоваться таблицами, справочником, диаграммами.

3. При решении соответствующих задач учащиеся приобретают навык разбирать и понимать схемы, чертежи, рисунки, вычерчивать их по заданию.

4. В старших классах, решая комбинированные задачи, учащиеся приобретают навык расчленения сложного процесса на

составляющие его элементы, что развивает у них уменье видеть и понимать физическую сторону процесса.

5. Уменье производить расчет мощности, тепловой отдачи, стоимость потребленной энергии и т. д. само по себе является чрезвычайно ценным уменьем в практической жизни.

6. При решении задач у учащихся приобретается навык производить подчас сложные расчеты, применяя различные способы сокращения этих расчетов.

7. Как уже указывалось, при решении задач у учащихся воспитывается навык критической оценки результата, чувство реальной меры, уменье оценивать степень точности результата и давать приближенный ответ в каждом отдельном случае через соответствующее округление данных для вычисления чисел.

8. При решении задач учащиеся обогащаются и приобретают навык пользования некоторыми техническими понятиями и терминами, как, „потолок полета", „коэффициент тяги", „сцепной вес", „паспорт машины" и т. д., что в будущем поможет им ориентироваться в нашей реальной действительности.

9. При решении соответствующих задач по физике можно развить у учащихся навык „творческого и исследовательского" подхода к изучаемому явлению, для чего в отдельных случаях необходимо производить „исследование решенной задачи применительно к различным частным случаям".

10. Наконец, при решении задач у учащихся развиваются навыки логического мышления, навыки самостоятельной работы, упорство в работе и навыки в преодолении вычислительных трудностей.

Заканчивая, мы должны отметить, что решение задач по физике, несмотря на их большую ценность, не является самоцелью. Преподаватель должен умело использовать его как одно из многих средств закрепления у учащихся основ науки, использовать для того, чтобы добиться от учащихся не формальных, а прочных и сознательных знаний основных положений физики, которые они смогут применить в дальнейшей своей деятельности на благо нашей социалистической Родины.

15 Зак. 376.

СТАНДАРТНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН.

ОСТ — 5579

Длина l
Площадь . . . . S
Объем V

ОСТ — 5888

Масса . . . . m
Вес (в пустоте) . . . . G
Вес (в воздухе) . . . . P
Ускорение свободного падения . . . . g
Плотность . . . . D (d)

ОСТ — 2932

Время . . . . t
Длина пути . . . . . . s
Скорость v
Ускорение . . . . a
Угловое перемещение . . φ
Угловая скорость . . . . ω
Угловое ускорение . . . ε
Сила . . . . F или P
Момент силы . . . . . M
Момент инерции . . . . J
Работа в механике . . . W
" в термодинамике . . L
" в электромагнетизме A
Кинетическая энергия . . E
Потенциальная энергия . . $П$
Мощность . . . . N

ОСТ — 2662

Абсолютное давление (полное) . . . . P_a
Атмосферное давление (барометрическое) . . . . P_o
Разрежение (вакуум) . . P_n

ОСТ — 6394

Температура абсолютная . T или Θ
Температура по стоградусной шкале от 0° С . . t или θ
Количество теплоты . . . Q
Термический эквивалент работы . . . . A

Теплоемкость (удельная) . c
Теплоемкость при постоянном давлении . . . . c_p
Теплоемкость при постоянном объеме . . . . . c_v
Газовая постоянная . . . R
Коэффициент полезного действия . . . . . . η
Теплота плавления (удельная) . . . . q
Теплота парообразования (удельная) . . . . . . r

ОСТ — 2582

Абсолютное удлинение . . Δl
Относительное удлинение δ
Модуль Юнга . . . . . E
Временное сопротивление σ_b
Предел упругости . . . . σ_e
Запас прочности . . . . n

ОСТ — 5580

Длина волны . . . . . λ
Полный период . . . . T
Частота колебаний . . . $f\nu$
Скорость света в пустоте c
Заряд электрона . . . . e
Количество электричества Q, q
Объемная плотность электричества . . . . . ϱ_e
Поверхностная плотность электричества . . . . σ
Диэлектрическая постоянная . . . . s
Напряженность поля . . E, e
Электродвижущая сила . $\mathcal{E}, e$
Электрическое напряжение . . . . U, u
Электрический потенциал U, u
Электрическая емкость . C
Электрическое сопротивление . . . . R, r
Удельное электрическое сопротивление . . . . ϱ
Сила тока . . . . I, i
Магнитный поток . . . . Φ, φ
Магнитная масса . . . . m

Магнитная индукция . .	B
Напряженность магнитного поля	H
Коэффициент самоиндукции	L
Максимальное значение электродвижущей силы	E_m
Эффективное значение электродвижущей силы	E
Эффективное напряжение электрического тока .	U или E
Активная мощность тока	P_a или P
Реактивная мощность тока	P_r
Кажущаяся мощность тока	P_i
Разность фаз (угол сдвига фаз)	φ
Индуктивное сопротивление	x_L
Емкостное сопротивление	x_c
Полное сопротивление (кажущееся)	Z

ОСТ — 6145

Передний (главный) фокус	F
Задний (главный) фокус .	F_1
Центр сферической поверхности	C
Угол падения светового луча	i
Угол преломления светового луча	i_1
Преломляющий угол призмы	Θ

ОСТ — 6146

Показатель преломления .	n

ОСТ — 7636

Сила света	I
Освещенность	E
Световой поток	F
Яркость	B

СТАНДАРТЫ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

I. Метрические меры $\frac{ОСТ}{ВКС}$ — 5859

Наименование	Сокращенные обозначения[1]		Определения	Отношение к основной единице
	международные	русские		
I. Меры массы				
Килограмм . . .	kg	*кг*	Килограмм есть единица измерения массы. Международным прототипом килограмма Первой генеральной конференцией мер и весов в 1889 г. признана платино-иридиевая гиря, имеющая обозначение „K", которая хранится в Международном бюро мер и весов в Севре (Франция). Для СССР за прототип килограмма принята платино-иридиевая копия международного килограмма, носящая знак № 12 и хранящаяся во Всесоюзном институте метрологии и стандартизации в Ленинграде.	1
Тонна	t	*т*	Тысяча килограммов (1000 kg)	10^3
Центнер	q	*ц*	Сто килограммов (100 kg)	10^2
Декаграмм . . .	dkg	*дкг*	Одна сотая килограмма (0,01 kg)	10^{-2}
Грамм	g	*г*	Одна тысячная килограмма (0,001 kg)	10^{-3}
Дециграмм . . .	dg	*дг*	Одна десятитысячная килограмма (0,0001 kg)	10^{-4}
Сантиграмм . .	cg	*сг*	Одна стотысячная килограмма (0,00001 kg)	10^{-5}
Миллиграмм . .	mg	*мг*	Одна миллионная килограмма (0,000001 kg)	10^{-6}

[1] Сокращенные обозначения мер могут применяться в тексте только после числовых значений и пишутся в строку без последующей точки как знака сокращения; например, 10 килограмм — 10 kg или 10 *кг*. После сокращений: *кв.* (квадратный) и *куб.* (кубический) точки ставятся.

Наименование	Сокращенные обозначения		Определения	Отношение к основной единице
	международные	русские		
II. Меры длины				
Метр	m	*м*	Метр есть единица измерения длины. Международным прототипом метра Первой генеральной конференцией мер и весов в 1889 г. признана нарезная платино-иридиевая мера, имеющая обозначение „M", которая хранится в Международном бюро ме[р] и весов в Севре (Франция). Для СССР за прототип метра принята платино-иридиевая копия международного метра, носящая знак № 28 и хранящаяся во Всесоюзном институте метрологии и стандартизации в Ленинграде.	1
Километр . . .	km	*км*	Тысяча метров (1000 m)	10^3
Дециметр	dm	*дм*	Одна десятая метра (0,1 m)	10^{-1}
Сантиметр . . .	cm	*см*	Одна сотая метра (0,01 m)	10^{-2}
Миллиметр . . .	mm	*мм*	Одна тысячная метра (0,001 m)	10^{-3}
Микрон	μ		Одна миллионная метра (0,000001 m)	10^{-6}
Миллимикрон . .	$m\mu$		Одна миллиардная метра (0,000000001 m)	10^{-9}
Ангстрем	Å		Одна десятимиллиардная метра (0,0000000001 m)	10^{-10}
III. Меры поверхности				
Квадратный метр	m^2	*кв. м* или *м*^{2}	Квадратный метр есть площадь квадрата, сторона которого имеет длину, равную одному метру.	1
Квадратный километр	km^2	*кв. км* или *км*^{2}	Один миллион квадратных метров (1 000 000 m^2)	10^6
Гектар	ha	*га*	Десять тысяч квадратных метров (10 000 m^2)	10^4
Ар	a	*а*	Сто квадратных метров (100 m^2)	10^2
Квадратный дециметр	dm^2	*кв. дм* или *дм*^{2}	Одна сотая квадратного метра (0,01 m^2)	10^{-2}
Квадратный сантиметр	cm^2	*кв. см* или *см*^{2}	Одна десятитысячная квадратного метра (0,0001 m^2)	10^{-4}

Наименование	Сокращенные обозначения международные	Сокращенные обозначения русские	Определения	Отношение к основной единице
Квадратный миллиметр	mm^2	*кв. мм* или *мм*²	Одна миллионная квадратного метра (0,000001 m^2)	10^{-6}
IV. Меры объема				
Кубический метр	m^3	*куб. м* или *м*³	Кубический метр есть объем куба, ребро которого имеет длину, равную одному метру	1
Кубический километр	km^3	*куб. км* или *км*³	Один миллиард кубических метров (1 000 000 000 m^3)	10^9
Кубический дециметр	dm^3	*куб. дм* или *дм*³	Одна тысячная кубического метра (0,001 m^3)	10^{-3}
Кубический сантиметр	cm^3	*куб. см* или *см*³	Одна миллионная кубического метра (0,000001 m^3)	10^{-6}
Кубический миллиметр	mm^3	*куб. мм* или *мм*³	Одна миллиардная кубического метра (0,000000001 m^3)	10^{-9}
V. Меры вместимости				
Литр	l	*л*	Литр есть объем одного килограмма воды при наибольшей ее плотности и при нормальном атмосферном давлении[1]. Литр принимается равным (1,000028 dm^3)	1
Килолитр . . .	kl	*кл*	Тысяча литров (1000 l)	10^3
Гектолитр . . .	hl	*гл*	Сто литров (100 l)	10^2
Декалитр	dkl	*дкл*	Десять литров (10 l)	10
Децилитр . . .	dl	*дл*	Одна десятая литра (0,1 l)	10^{-1}
Сантилитр . . .	cl	*сл*	Одна сотая литра (0,01 l)	10^{-2}
Миллилитр . . .	ml	*мл*	Одна тысячная литра (0,001 l) Примечание: Для измерений с точностью, не превышающей 0,01%, литр принимается равным кубическому дециметру, килолитр — кубическому метру, миллилитр — кубическому сантиметру.	10^{-3}

Сокращенные обозначения русским шрифтом допускаются только в тех случаях, когда применение латинского шрифта встречает затруднения.

---

[1] Нормальное атмосферное давление равно давлению ртутного столба в 760 mm высоты на его горизонтальное основание при плотности ртути 13,5951 $\frac{g}{cm^2}$, и при нормальном ускорении свободного падения 980,665 $\frac{cm}{sec^2}$.

I. Определение

Системой механических единиц называется совокупность единиц измерения механических величин, построенная на трех основных независимых друг от друга единицах, от которых производятся все остальные единицы системы, называемые производными.

II. Классификация

По роду основных единиц		По величине основных единиц	
Основные единицы системы	Обозначение системы	Основные единицы системы	Обозначение системы
Единицы длины — L „ массы — M „ времени — T	LMT	длины — 1 сантиметр массы — 1 грамм времени — 1 секунда	CGS
		длины — 1 метр массы — 1 тонна времени — 1 секунда	MTS
Единицы длины — L „ силы — F „ времени — T		длины — 1 метр силы — 1 килограмм (сила) времени — 1 секунда	MKS

III. Применение

Система единиц сантиметр-грамм-секунда (CGS) применяется главным образом в научных исследованиях.

Система метр-тонна-секунда (MTS) применяется в научных исследованиях и технике.

Система метр-килограмм (сила)-секунда (MKS) может применяться в технике в тех случаях, когда точность измерения не превышает 0,2%.

При пользовании единицами измерения не следует смешивать единицы разных систем. В частности, в системе метр-килограмм (сила)-секунда (MKS) не следует применять килограмм в качестве единицы массы.

Название величин	Название систем		
	Сантиметр-грамм-секунда	Метр-тонна-секунда	Метр-килограмм-(сила)-секунда
	Единицы	Единицы	Единицы
Длина	1 cm	1 m	1 m
Масса	1 g	1 t = 1000 kg	9,80665 kg = $= 1\,\frac{\text{kGsec}^2}{\text{m}}$
Время	1 sec	1 sec	1 sec
Скорость	$1\,\frac{\text{cm}}{\text{sec}}$	$1\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$	$1\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$
Ускорение . . .	$1\,\frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$	$1\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$	$1\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$
Сила	$1\ \text{dn} = \frac{\text{gcm}}{\text{sec}^2}$	$1\ \text{sn} = 1\,\frac{\text{tm}}{\text{sec}^2}$	1 kG
Работа	$1\ \text{e} = 1\ \text{dncm} = 1\,\frac{\text{gcm}^2}{\text{sec}^2}$	$1\ \text{kJ} = 1\ \text{snm} = 1\,\frac{\text{tm}^2}{\text{sec}^2}$	1 kGm
Мощность . . .	$1\,\frac{\text{e}}{\text{sec}} = 1\,\frac{\text{gcm}^2}{\text{sec}^3}$	$1\ \text{kW} = 1\,\frac{\text{snm}}{\text{sec}} = 1\,\frac{\text{tm}^2}{\text{sec}^3}$	$1\,\frac{\text{kGm}}{\text{sec}}$
Давление	$1\,\frac{\text{dn}}{\text{cm}^2} = 1\,\frac{\text{g}}{\text{cmsec}^2}$	$1\ \text{pZ} = 1\,\frac{\text{sn}}{\text{m}^2} = 1\,\frac{\text{t}}{\text{msec}^2}$	$1\,\frac{\text{kG}}{\text{m}^2}$

Наименование	Обозначение шрифтом		Определение	Соотношение между единицами
	иностранным	русским		
Единицы силы				
Стен	sn	*сн*	Сила, сообщающая массе в 1 t ускорение в 1 $\frac{m}{sec^2}$	1 sn = 10^8 dn = = 101,972 kG
Дина	dn	*дн*	Сила, сообщающая массе в 1 g ускорение в 1 $\frac{cm}{sec^2}$	
Килограмм (сила)	kG	*кГ*	Сила, сообщающая массе в 1 kg ускорение 9,80665 $\frac{m}{sec^2}$	1 dn = 10^{-8} sn = = 1,01972 · 10^{-6} kG 1 kG = = 0,980665 · 10^{-2} sn
Грамм (сила) . .	G	*Г*	10^{-8}kG	1 G = 0,980665 × × 10^{-5} sn
Единицы работы и энергии				
Стенметр, или килоджоуль . .	kJ	*кдж*	Работа, производимая силой в 1 sn при перемещении точки ее приложения на 1 m по направлению этой силы	1 kJ = 10^{10} e = = 10^3 J = = 101,972 kGm
Эрг	e	*э*	Работа, производимая силой в 1 dn при перемещении точки ее приложения на 1 cm по направлению этой силы	1 e = 10^{-7} J = = 10^{-10} kJ
Джоуль	J	*дж*	10^{-3} kJ	1 J = 10^7 e = = 0,101972 kGm
Килограмм (сила)-метр . .	kGm	*кГм*	Работа, производимая силой в 1 kG при перемещении точки ее приложения на 1 m по направлению этой силы	1 kGm = = 0,00980665 kJ = = 9,80665 J

Наименование	Обозначение шрифтом: иностранным	Обозначение шрифтом: русским	Определение	Соотношение между единицами
Единицы мощности				
Стенметр в секунду, килоджоуль в секунду или киловатт . . .	kW	*квт*	Мощность, при которой в течение секунды равномерно производится работа, равная 1 kJ	$1\ kW = 10^{10}\ \frac{e}{sec} = 101{,}972\ \frac{kGm}{sec}$
Джоуль в секунду или ватт . .	W	*вт*	10^{-3} kW	$1\ W = 10^{7}\ \frac{e}{sec} = 0{,}101972\ \frac{kGm}{sec}$
Мегаватт	MW	*мгвт*	10^{3} kW	$1\ MW = 10^{13}\ \frac{e}{sec} = 101972\ \frac{kGm}{sec}$
Эрг в секунду . .	$\frac{e}{sec}$	$\frac{э}{сек}$	Мощность, при которой в течение секунды равномерно производится работа в 1 e	$1\ \frac{e}{sec} = 10^{-10}\ kW = 10^{-7}\ W$
Килограмм (сила)-метр в секунду . . .	$\frac{kGm}{sec}$	$\frac{кГм}{сек}$	Мощность, при которой в течение секунды производится работа в 1 kGm	$1\ \frac{kGm}{sec} = \frac{1}{75}\ HP = 0{,}00980665\ kW$
Лошадиная сила .	HP (PS)	*л.с.*	Мощность, равная $75\ \frac{kGm}{sec}$	1 HP = 0,736 kW

Примечание 1. При измерении мощности рекомендуется по возможности избегать применения единицы „лошадиная сила" и измерять мощность всюду, где это возможно, в киловаттах, его кратных и подразделениях.

Примечание 2. Заключенное в скобки обозначение лошадиной силы (PS) по возможности не применять.

Наименование	Обозначение шрифтом		Определение	Соотношение между единицами
	иностранным	русским		
Единицы механического напряжения (давления, растяжения, касательного напряжения)				
Пьеза	pz	*пз*	Давление, которое испытывает плоская поверхность в 1 m³ под действием равномерно распределенной нагрузки в 1 sn	$1\ \mathrm{pz} = 1\ \frac{\mathrm{sn}}{\mathrm{m}^2} = 101{,}972\ \frac{\mathrm{kG}}{\mathrm{m}^2}$
Гектопьеза или бар	hpz B	*гпз* *Б*	100 pz	$1\ \mathrm{hpz} = 100\ \frac{\mathrm{sn}}{\mathrm{m}^2} = 101972\ \frac{\mathrm{kG}}{\mathrm{m}^2}$
Бария, или микробар	b	*б*	Давление, которое испытывает плоская поверхность в 1 cm² под действием равномерно распределенной нагрузки в 1 dn	1 бария $= 10^{-4}\ \mathrm{pz} = 10^{-6}\ \mathrm{hpz} = 0{,}0101972\ \frac{\mathrm{kG}}{\mathrm{m}^2}$
Килограмм (сила) на квадратный сантиметр, или атмосфера техническая . . .	$\frac{\mathrm{kG}}{\mathrm{cm}^2}$ at	$\frac{кГ}{см^2}$ *ат*	Давление, которое испытывает плоская поверхность в 1 cm² под действием равномерно распределенной нагрузки в kG	$1\ \mathrm{at} = 10^4\ \frac{\mathrm{kG}}{\mathrm{m}^2} = 0{,}980665\ \mathrm{B}$

Примечание. При измерениях, точность которых не превышает 0,2%, сила в 1 kG может считаться равной весу массы в 1 kg.

Наименование	Сокращенные обозначения[1]		Определение	Соотношения к основной единице
	международные	русские[2]		
Единицы электрического сопротивления				
Международный ом	*Ω*	*ом*	Сопротивление при неизменяющемся электрическом токе и при температуре тающего льда ртутного столба длиной в 106,300 сантиметров, имеющего сечение, одинаковое по всей длине, и массу в 14,4521 грамма	1
Мегом	*MΩ*	*мгом*	Один миллион омов (1 000 000 *Ω*)	10^6
Микром . . .	*μΩ*	*мком*	Одна миллионная ома (0,000001 *Ω*)	10^{-6}
Единицы силы тока				
Международный ампер	A	*а*	Сила неизменяющегося электрического тока, который отлагает 0,00111800 грамма серебра в секунду, проходя через водный раствор азотнокислого серебра	1
Миллиампер . .	mA	*ма*	Одна тысячная ампера (0,001 A)	10^{-3}
Микроампер . .	*μ*A	*мка*	Одна миллионная ампера (0,000001 A)	10^{-6}
Единицы электрического напряжения и электродвижущей силы				
Международный вольт	V	*в*	Электрическое напряжение или электродвижущая сила, которые в проводнике, имеющем сопротивление в один ом, производят ток силой в один ампер	1

[1] Сокращенные обозначения единиц могут применяться в тексте только после числовых значений и пишутся в строку без последующей точки как знака сокращения; например, 120 вольт — 120 V или 120 *в*.

[2] Рекомендуется применять международные сокращенные обозначения; русские сокращенные обозначения допускаются только в тех случаях, когда применение иностранного шрифта встречает затруднения.

Наименование	Сокращенные обозначения: международные	Сокращенные обозначения: русские	Определение	Соотношения к основной единице
Киловольт . . .	kV	*кв*	Одна тысяча вольт (1000 V)	10^3
Милливольт . .	mV	*мв*	Одна тысячная вольта (0,001 V)	10^{-3}
Микровольт . .	μV	*мкв*	Одна миллионная вольта (0,000001 V)	10^{-6}
Единицы электрической мощности				
Международный ватт	W	*вт*	Мощность неизменяющегося электрического тока силой в один ампер при напряжении в один вольт	1
Мегаватт	MW	*мгвт*	Один миллион ватт (1 000 000 W)	10^6
Киловатт . . .	kW	*квт*	Одна тысяча ватт (1 000 W)	10^3
Гектоватт . . .	hW	*гвт*	Сто ватт (100 W)	10^2
Милливатт . . .	mW	*мвт*	Одна тысячная ватта (0,001 W)	10^{-3}
Микроватт . . .	μW	*мквт*	Одна миллионная ватта (0,000001 W)	10^{-6}
Единицы количества электричества				
Международный кулон . . . . (ампер-секунда)	C	*к*	Количество электричества, протекающее через поперечное сечение проводника в течение одной секунды при токе силой в один ампер	1
Ампер-час . . .	Ah	*а-ч*	Три тысячи шестьсот кулонов (3600 C)	$36 \cdot 10^2$
Микрокулон . .	μC	*мкк*	Одна миллионная кулона (0,000001 C)	10^{-6}
Единицы работы электрического тока				
Международная ватт-секунда (международный джоуль) .	Ws J	*вт-с* *дж*	Работа, совершаемая электрическим током в течение одной секунды при мощности тока в один ватт	1

Наименование	Сокращенные обозначения: международные	Сокращенные обозначения: русские	Определение	Соотношения к основной единиц.
Ватт-час	Wh	*вт-ч*	Три тысячи шестьсот ватт-секунд (3600 Ws)	$36 \cdot 10^2$
Мегаватт-час . .	MWh	*мгвт-ч*	Один миллион ватт-часов (1 000 000 Wh)	$36 \cdot 10^8$
Киловатт-час . .	kWh	*квт-ч*	Одна тысяча ватт-часов (1 000 Wh)	$36 \cdot 10^5$
Гектоватт-час . .	hWh	*гвт-ч*	Сто ватт-часов (100 Wh)	$36 \cdot 10^4$
Единицы электрической емкости				
Международная фарада . . .	F	*ф*	Емкость конденсатора, заряжаемого до напряжения в один вольт одним кулоном	1
Микрофарада . .	μF	*мкф*	Одна миллионная фарады 0,000001 F)	10^{-6}
Микромикрофарада	$\mu\mu$F	*мкмкф*	Одна миллионная микрофарады (0,000001 μF)	10^{-12}
Единицы самоиндукции и взаимной индукции				
Международный генри	H	*гн*	Самоиндукция электрической цепи, в которой индуктируется электродвижущая сила в один вольт при равномерном изменении тока в этой же цепи со скоростью одного ампера в одну секунду. Взаимная индукция в системе двух электрических цепей, в одной из которых индуктируется электродвижущая сила в один вольт при равномерном изменении тока в другой цепи со скоростью одного ампера в одну секунду.	1
Миллигенри . .	mH	*мгн*	Одна тысячная генри (0,001 H)	10^{-8}
Микрогенри . .	μH	*мкгн*	Одна миллионная генри (0,000001 H)	10^{-6}

ОГЛАВЛЕНИЕ

Редактор *Б. Крельштейн* Техредактор *Н. П. Цирульницкий.*

Подписано к печати 22/VII 1947 г. М-02493. Печ. л. 15.
Учетно-изд. л. 16,91.

Набрано и отпечатано в типографии Н — 1.

Цена 5 р. 10 к.

Цена 5 р. 10 к.


2011098187